



UNIVERSITÉ DE LIEGE

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

**ÉTUDE DES ASPECTS DU BILINGUISME FAVORISANT LE DÉVELOPPEMENT DES  
CAPACITÉS DE CONTRÔLE ATTENTIONNEL ET EXECUTIF**

Cristina Barbu

**Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de  
Docteur en Sciences Psychologiques et de l'Education**

Promoteur : M. Poncelet

Membres du jury: C. David, S. Majerus, A-C. Nicolay, M. Poncelet, M. Watorek

Année académique 2019-2020



## **Remerciements**

Je voudrais tout d'abord remercier ma promotrice Martine Poncelet, pour cette chance fabuleuse qu'elle m'a offerte de pouvoir réaliser cette thèse. Je lui suis reconnaissante pour le temps consacré à la réalisation de cette thèse, ses conseils, sa confiance, son aide inconditionnelle et surtout sa patience durant ces dernières années. Ce fut à la fois une expérience éprouvante et merveilleuse mais surtout, très enrichissante.

Je tiens également à remercier les autres membres du comité d'accompagnement, Steve Majerus et Frank Laroï pour leur suivi et leurs conseils précieux.

Mes remerciements sincères vont également aux autres membres de mon jury de thèse, Marzena Watorek, Anne-Catherine Nicolay et Carmen David. Je les remercie de s'être intéressées à mon travail ainsi que pour le temps qu'elles ont consacré à la lecture du manuscrit.

J'adresse également ma gratitude au Patrimoine Universitaire pour son soutien indispensable dans la réalisation de ce projet.

Je tiens également à remercier mes collègues Sophie, Audrey, Florence, Valérie, Juliette et Nathalie pour leur aide sans équivoque, leurs conseils, leur soutien inconditionnel et pour tout ce qu'elles m'ont apporté durant cette expérience. Elles ont été à mes côtés durant tous les bons moments mais surtout, les moins bons. Je leur en suis infiniment reconnaissante, sans elles, je n'aurais pas pu venir à bout de cette thèse. Je tiens, en particulier, à remercier Sophie pour sa patience et pour sa contribution indispensable dans la réalisation de cette thèse. Elle a été pour moi « un bras droit » durant tout ce projet. Les mots me manquent pour lui dire à quel point je lui suis reconnaissante.

J'adresse également ma gratitude aux écoles ainsi qu'aux nombreux participants et étudiants qui ont contribué à la réalisation de mes études, pour le temps qu'ils ont consacré à ce projet.

Enfin, je tiens également à remercier ma famille pour leur aide, leur soutien inconditionnel et toute la patience dont ils ont fait preuve durant toutes ces années.

Je vous remercie tous ! Ça a été pour moi une aventure professionnelle et humaine incroyable !



# Table des matières

<b>PRÉFACE</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCTION THÉORIQUE</b>	<b>19</b>
<b>CHAPITRE 1. Bilinguisme et contrôle attentionnel et exécutif</b>	<b>21</b>
1. Le concept de bilinguisme aujourd'hui	21
2. Le contrôle attentionnel et exécutif	23
2.1. Rôle du contrôle attentionnel et exécutif dans l'accès lexical chez le bilingue	24
2.2. Evolution des conceptions sur les effets cognitifs du bilinguisme	26
2.2.1. Etudes réalisées avant 1960	26
2.2.2. Etudes réalisées entre 1960 et 2013	27
2.2.3. Résultats obtenus après 2013	29
2.3. Bilinguisme et contrôle attentionnel et exécutif-Conclusions	31
<b>CHAPITRE 2. Facteurs modulant les effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif</b>	<b>33</b>
1. Facteurs linguistiques-Le niveau de similarité des langues	33
2. Facteurs individuels linguistiques et non-linguistiques	35
2.1. L'âge d'acquisition de la L2	35
2.2. La fréquence d'utilisation de la L2	36
2.3. Le niveau de compétence en L2	37
2.4. La fréquence de switching langagier	39
2.4.1. L'effet de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement exécutif-Résultats actuels	40
2.5. L'âge chronologique	42

3. Facteurs liés aux conditions de testing	43
3.1. La difficulté des tâches	43
3.2. La variété des tâches	45
4. Facteurs modulant les effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif-Conclusions	47

**CHAPITRE 3. Une méthode alternative d'apprentissage d'une L2 pour mieux contrôler les facteurs susceptibles d'influencer le bilinguisme : l'immersion linguistique précoce** **49**

1. Le programme CLIL en Belgique	51
2. Pourquoi étudier l'effet d'une L2 acquise via le programme CLIL sur le fonctionnement attentionnel et exécutif ?	52
3. Etudes portant sur les effets d'une L2 acquise via le programme CLIL sur fonctionnement attentionnel et exécutif	52
Etudes portant sur les effets d'une L2 acquise via le programme CLIL sur le fonctionnement attentionnel et exécutif-Conclusions	59
4. Le fonctionnement attentionnel et exécutif et les performances Scolaires	60

**PARTIE EXPÉRIMENTALE** **65**

1. Le présent projet- Objectifs et hypothèses	67
2. Les études	73

**Etude 1- The Impact of Language Switching Frequency on Attentional and Executive Functioning in Proficient Bilingual Adults** **75**

1. Introduction	76
2. Method	79
3. Results	83
4. Discussion	87

<b>Etude 2- Investigating the effects of language-switching frequency on attentional and executive functioning in proficient bilinguals</b>	<b>91</b>
1. Introduction	92
2. Method	96
3. Results	102
4. Discussion	107
<b>Etude 3- Cognitive Advantage in Children Enrolled in a Second-language Immersion Elementary School Program for One Year</b>	<b>109</b>
1. Introduction	110
2. Method	117
3. Results	123
4. Discussion	129
<b>Etude 4- No Cognitive Advantage in Children Enrolled in a Second-language, Immersion Elementary School Program for 2 Years</b>	<b>135</b>
1. Introduction	136
2. Method	142
3. Results	146
4. Discussion	151
<b>DISCUSSION GÉNÉRALE</b>	<b>157</b>
1. Effet de la fréquence du switching langagier sur le fonctionnement attentionnel et exécutif	163
2. Effet de l'immersion linguistique précoce sur le fonctionnement attentionnel et exécutif	168
<b>Conclusions générales</b>	<b>173</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>177</b>





# PRÉFACE



Il est largement reconnu aujourd'hui que le bilinguisme confère de nombreux avantages, tant sur le plan culturel, que professionnel et économique. Mais comment ce phénomène affecte-t-il notre cognition ? Malgré de nombreuses études réalisées depuis plus de 100 ans, cette question suscite toujours un réel intérêt aujourd'hui. Les premières études réalisées à ce sujet ont conclu que l'apprentissage d'une langue seconde (L2) influence négativement le fonctionnement cognitif, en particulier l'intelligence verbale (Darcy, 1953) et non-verbale (Graham, 1925; Jones & Stewart, 1951; Lewis, 1959; Saer, 1923; Wang, 1926), ainsi que les habiletés arithmétiques ou de lecture (Macnamara, 1966; Manuel, 1935). Ces effets négatifs ont été attribués à un retard cognitif résultant de l'incapacité du système cognitif d'englober des informations appartenant à la L2 (langue seconde), en plus des informations de la 1<sup>ère</sup> langue (L1) (MacNamara, 1966).

Un tournant dans le domaine apparaît avec l'étude de Peal et Lambert en 1962 qui montrent pour la première fois que le bilinguisme non seulement n'engendre pas d'effets négatifs sur le fonctionnement cognitif mais de plus confère des avantages à ce niveau. Plus spécifiquement ces auteurs montrent que l'acquisition d'une L2 influence positivement les habiletés d'intelligence verbale et non-verbale. Les résultats négatifs observés avant les années 1960 semblent être en réalité attribuables à des failles méthodologiques importantes et plus spécifiquement à une absence de contrôle de différents facteurs incluant le niveau socio-économique (SES), le niveau de maîtrise en L2 ou la L2 dans laquelle les tests étaient administrés (pour une revue voir Hakuta, 1986; Darcy, 1963).

A partir de l'étude de Peal et Lambert (1962) plusieurs études (pour une revue voir Bialystok, 2011 ; Bialystok, 2015) ont mis en évidence que le bilinguisme ou la situation d'acquisition d'une seconde langue en contexte d'immersion scolaire précoce engendre des effets positifs sur le fonctionnement cognitif affectant en particulier les fonctions attentionnelles et exécutives. Le système attentionnel et exécutif englobe différents processus de contrôle cognitif dont le rôle principal est d'assurer l'adaptation des individus à des changements environnementaux (Collette, 2004). L'avantage bilingue dans des tâches attentionnelles et exécutives a été observé pour plusieurs fonctions incluant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée, l'inhibition interférente et de la réponse ou encore la flexibilité mentale (par exemple Costa, Hernández, Costa-Faidella, & Sebastián-Gallés, 2009; Costa, Hernandez, & Sebastián-Gallés 2008; Fernandez, Tartar, Padron, & Acosta, 2013;

Fernandez, Acosta, Douglass, Doshi, & Tartar, 2014; Ibrahim, Shoshani, Prior, Prior, & Share, 2013; Liu, Fan, Rossi, Yao, & Chen, 2016; Marzecová, Asanowicz, Kriva, & Wodniecka, 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015). Une des premières hypothèses avancées pour expliquer ces effets a été que les bilingues doivent contrôler constamment l'usage de leurs deux langues afin de s'exprimer dans la langue désirée (Green, 1998). Ce recrutement constant des habiletés attentionnelles et exécutives mènerait à un entraînement accru de celles-ci et, par conséquent, à leurs améliorations chez les bilingues. Les monolingues ne sont évidemment pas exposés aux mêmes conditions car ils ne doivent traiter qu'une seule langue.

Les résultats des études ayant observé des avantages du bilinguisme ou de la situation d'acquisition d'une L2 en contexte d'immersion scolaire précoce sur le fonctionnement attentionnel et exécutif sont actuellement très controversés (Lehtonen et al., 2018 ; Paap, Johnson, & Sawi, 2015; Paap & Greenberg, 2013). En ce qui concerne l'effet du bilinguisme, des méta-analyses récentes portant sur les effets du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif mettent en évidence que l'avantage bilingue sur des tâches mesurant le fonctionnement attentionnel et exécutif est en fait très réduit voire nul (pour une revue, voir Adesope, Lavin, Thompson, & Ungerleider, 2010; de Bruin, Treccani, & Della Sala, 2015; Dong, 2015; Donnelly, 2016; Grundy & Timmer, 2016; Hilchey & Klein, 2011; Paap, et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Zhou & Krott, 2016). Ces résultats semblent être attribuables entre autre à un biais de publication (par exemple de Bruin et al., 2015). Ces effets semblent également être assignables à des facteurs non-contrôlés incluant la variété des tâches utilisées ou encore aux caractéristiques des bilingues testés (le niveau de compétence en L2, l'âge d'acquisition de la L2 ou la fréquence de switching langagier ; Dong, 2015; Paap & Greenberg, 2013). Parmi ces facteurs, la fréquence de switching d'une langue à l'autre a été postulée comme étant un facteur potentiellement explicatif des avantages bilingues observés au niveau attentionnel et exécutif. Les études qui ont tenté d'explorer l'effet de ce facteur sur le fonctionnement attentionnel et exécutif ont mis en évidence qu'il influence positivement les habiletés de flexibilité cognitive et d'inhibition interférente (Prior & Gollan, 2011; Verreyt Woumans, Vandelandotte, Szmalec, & Duyck, 2016).

Concernant les effets de l'immersion bilingue scolaire précoce, les études réalisées mettent en évidence des effets inconsistants, certaines montrant des effets positifs (Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet,

2013a, 2015) alors que dans d'autres ce n'est pas le cas (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014; Poarch & Van Hell, 2012). Une étude récente (pour une revue, voir Gillet, Barbu, Trommenschlager, & Poncelet, en préparation) montre que les effets positifs d'une L2 apprise via une éducation immersive ne peuvent pas par exemple être mis en relation avec le temps passé en immersion. Ces effets devraient être d'autant plus grands si le temps passé dans un cadre immersif est important mais cela semble pas être le cas (par exemple Simonis, Galand, Hiligsmann, Van der Linden, & Szmalec, 2019; Woumans, Surmont, & Struys, 2016). Cette inconsistance pourrait être attribuée à la variété des programmes immersifs existants qui diffèrent fortement en termes de langues proposées ou de degré d'exposition à la L2 ou encore à la diversité des tâches proposées pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif. Cette diversité pourrait cacher des éventuels bénéfices attentionnels et exécutifs de l'immersion (par exemple Paap & Greenberg, 2013; Paap, Johnson, & Sawi, 2014; mais voir Simonis, 2019, thèse non-publiée, chapitre 5).

Le présent projet a un double objectif. Le premier est de tenter d'établir si l'acquisition et la pratique précoces de deux langues impactent de manière durable le fonctionnement attentionnel et exécutif des bilingues quelles que soient les conditions d'utilisation ultérieure de chacune de ces deux langues en termes de fréquence de switching langagier, ou si au contraire l'influence du bilinguisme sur le fonctionnement exécutif est davantage limité et concerne uniquement des situations de bilinguisme dans lesquelles le fonctionnement exécutif des individus est en permanence massivement sollicité, comme l'est par exemple la situation de switching langagier hautement fréquent. Dans le cadre de ce projet, nous avons évalué l'effet de la fréquence de switching langagier sur les fonctions attentionnelles et exécutives pour lesquelles des avantages du bilinguisme ont été mis en évidence (alerte, inhibition de la réponse et flexibilité cognitive ; Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Fernandez et al., 2014; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015). Notre but a finalement été de déterminer si ces avantages sont en réalité attribuables partiellement ou totalement à la fréquence de switching langagier. A cet effet, nous avons mis en place deux études (étude 1 et 2). L'étude 1 a eu pour but de déterminer directement si l'effet de la fréquence de switching langagier a une influence sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Dans ce cadre, deux groupes de bilingues, l'un switchant fréquemment entre les langues (SF) et l'autre non fréquemment (SNF) ont été comparés au moyen d'une batterie de tâches standardisées attentionnelles et exécutives mesurant l'alerte, l'inhibition de la réponse et la flexibilité mentale (TAP:

Zimmermann & Fimm, 2009). Les deux groupes étaient appariés sur plusieurs variables contrôles, à savoir le niveau de compétences en L2, l'âge, le genre, le niveau socio-économique (SES), et la fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo (Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008; Brito & Noble, 2014; Hackman, Gallop, Evans, & Farah, 2015). L'étude 2 a eu pour objectif de dissocier l'effet potentiel de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement attentionnel et exécutif de l'effet du bilinguisme en soi. A cet effet, trois groupes d'adultes composés respectivement de bilingues SF et SNF parlant l'allemand et le français, et de monolingues ont été comparés au moyen des mêmes tâches attentionnelles et exécutives appliquées lors de l'étude 1. Comparé à l'étude 1, les trois groupes (bilingues SF, bilingues SNF et monolingues) ont également été appariés sur le niveau d'intelligence non-verbale et sur le niveau de compétence en L1. Les bilingues SF et SNF ont également été appariés sur le niveau de compétence en L2 et L3 et sur la fréquence quotidienne d'utilisation de la L2 et la L3.

Le second objectif du présent projet est d'établir à quel moment les effets de l'acquisition d'une L2 via une éducation immersive bilingue précoce émergent et si une fois présent, cet effet est permanent ou au contraire peut fluctuer. Pour évaluer cela, nous avons mis en place deux études ayant pour but d'évaluer le fonctionnement attentionnel et exécutif d'enfants suivant un enseignement par immersion linguistique précoce (CLIL : « Enseignement » de matières par intégration d'une langue étrangère; Comblain & Rondal, 2001) en communauté Wallonie-Bruxelles (CWB). En comparaison avec le système CLIL existant en Europe qui varie d'un pays à l'autre et d'une région à une autre, le CLIL en CWB est organisé de manière relativement homogène. Les établissements scolaires proposent ce programme dans les mêmes langues (néerlandais, anglais, ou allemand) et à des degrés et durées d'exposition à la L2 similaires. Ces conditions particulièrement homogènes sont propices à l'étude de l'effet de l'acquisition d'une L2 sur le fonctionnement attentionnel et exécutif étant donné que, dans ce contexte, les enfants sont exposés pour la première fois à la L2 dans des conditions identiques et reçoivent la même quantité et le même type d'input linguistique. Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015) ont également évalué des enfants suivant un enseignement immersif en CWB. Ces auteurs ont réalisé deux études consécutives qui ont eu pour objectif d'évaluer les effets d'une éducation immersive de 3 ans sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Les deux études ont montré qu'une éducation immersive de 3 ans influence positivement les habiletés d'alerte, d'attention sélective auditive, d'attention divisée et de flexibilité cognitive. Dans le cadre du présent projet, nous avons tenté d'établir si les avantages attentionnels et

exécutifs observés par Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015) après 3 ans peuvent également être observés après 1 (étude 3) et 2 (étude 4) ans d'éducation immersive. A cet effet, nous avons appliqué les mêmes tâches utilisées par Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015) pour lesquelles des avantages ont été démontrés. L'objectif secondaire de ces études a été d'établir si des éventuels avantages attentionnels et exécutifs engendrés par une éducation immersive de 1 et 2 ans peuvent également se répercuter sur les performances académiques des enfants. Aucune étude réalisée jusqu'à présent n'a tenté d'établir si des avantages attentionnels et exécutifs potentiels engendrés par une éducation immersive pourraient avoir un effet positif indirect sur les compétences académiques. Dans le cadre de ce projet, ces compétences ont été mesurées au moyen de tâches arithmétiques mesurant les habilités en calcul (additions et soustractions ; de Vos, 1992). Lors de notre étude 3 qui a eu pour but d'évaluer l'effet d'une éducation immersive d'un 1 an sur le fonctionnement attentionnel et exécutif, deux groupes d'enfants francophones de 7 ans, un groupe suivant un programme immersif en anglais depuis l'âge de 5 ans et un groupe de monolingues suivant un enseignement traditionnel ont été comparés au moyen des tâches attentionnelles et exécutives appliquées par Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015) mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité mentale (KITAP – Zimmermann, Gondan, & Fimm, 2002). Les deux groupes étaient appariés en termes de niveau de compétence en L1, d'âge, de genre, de niveau SES, et de fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo (Boot et al., 2008; Brito & Noble, 2014; Hackman et al., 2015). Lors de notre étude 4 ayant pour but d'évaluer l'effet d'une éducation immersive de 2 ans sur le fonctionnement attentionnel et exécutif, deux groupes d'enfants francophones de 8 ans, un groupe suivant un programme immersif en anglais depuis l'âge de 5 ans et un groupe monolingue suivant un enseignement ordinaire, ont été comparés au moyen des mêmes tâches attentionnelles, exécutives et arithmétiques appliquées lors de d'étude 1. Les deux groupes ont été appariés sur les mêmes variables contrôles prises en compte lors de notre étude 3.

L'introduction théorique de ce travail se focalise sur quatre thématiques principales. Nous aborderons d'abord le concept de bilinguisme et les facteurs qui sont susceptibles de l'influencer. Ensuite, nous définissons le concept de contrôle attentionnel et exécutif et nous allons essayer de comprendre la manière dont certaines fonctions attentionnelles et exécutives sont impliquées dans le processus de production et de compréhension langagière des bilingues. Dans cette partie nous retracerons l'historique des conceptions portant sur l'effet du bilinguisme sur le

fonctionnement cognitif, en partant des résultats des études les plus anciennes réalisées à cet effet (en 1920) jusqu'aux résultats des études les plus récentes. Par la suite, nous décrirons les facteurs principaux postulés actuellement comme étant potentiellement responsables des avantages bilingues sur le fonctionnement attentionnel et exécutif et nous détaillerons les résultats des études qui ont tenté de les investiguer. Le présent projet s'intéresse également aux effets d'une éducation immersive acquise via le programme CLIL en CWB sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Dans ce cadre, nous allons définir le concept de CLIL en Europe et en CWB en poursuivant avec une synthèse des principaux résultats des études portant sur l'effet d'une éducation immersive sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Cette partie est suivie par une synthèse des résultats des études évaluant l'effet du bilinguisme sur les performances académiques (mathématiques). Dans la partie finale de la partie théorique nous décrirons les objectifs, les hypothèses et démarches que nous avons mises en place pour répondre à nos questions de recherche. Cette introduction théorique est suivie par la partie expérimentale et les quatre études que nous avons réalisées. Le manuscrit se clôture par une discussion générale qui aborde nos principaux résultats obtenus, leur discussion par rapport à la littérature actuelle, et les perspectives de recherches qu'ils laissent envisager.







# **INTRODUCTION THÉORIQUE**



# ***Bilinguisme et contrôle attentionnel et exécutif***

### **1. Le concept de bilinguisme aujourd'hui**

Le thème central du présent projet est le bilinguisme et son effet sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Dans ce cadre, nous allons tout d'abord aborder le concept de bilinguisme en essayant d'envisager les éventuels facteurs susceptibles de l'influencer. Finalement cette section tente d'expliquer pourquoi ce concept est difficile à définir aujourd'hui.

Le « bilinguisme » est un concept complexe en raison des multiples caractéristiques qui peuvent définir une personne bilingue (Butler, 2013; Gottardo & Grant, 2008). Une même personne peut, par exemple, avoir des connaissances dans plusieurs langues mais les maîtriser d'une manière différente (L1 dominante et L2 plus faible). Elle peut également les utiliser différemment selon le contexte dans lequel elle vit ou selon les personnes avec qui elle interagit. Définir une personne bilingue dépend en réalité de toute une série de facteurs cognitifs et sociolinguistiques liés aux contextes et conditions d'acquisition et d'utilisation de la L2: l'âge d'introduction de la L2, le degré de similarité des langues (L1 et L2), le degré de maîtrise de la L2, le degré d'exposition et d'usage de la L2 et les motivations à apprendre la L2. Un premier facteur qui devrait donc être pris en considération concerne l'âge d'introduction de la L2. Un bilingue peut débiter l'apprentissage de sa L2 plus tôt dans son développement (par exemple avant l'âge de 6 ans : bilinguisme précoce) ou plus tard (après l'âge de 12 ans : bilinguisme tardif ; Abdelilah-Bauer, 2006; Baker, 2011). L'âge auquel la L2 sera introduite influencera le parcours d'apprentissage de la L2 et donc la manière dont cette langue pourra être utilisée par après. Un autre facteur qui devrait également être considéré concerne les types de langues connues (niveau de similarité des langues maîtrisées) (Coderre & van Heuven, 2014). Maîtriser des langues similaires (par exemple italien et roumain) diffère complètement du fait de maîtriser des langues complètement dissimilaires (par exemple le chinois et l'anglais). Ces facteurs sont susceptibles d'entraîner des conséquences diverses notamment en termes cognitif (rapidité d'apprentissage de la L2, entraînement des processus mis en jeu dans l'acquisition de la L2) mais également socio-culturels (incursion dans la culture de la langue en question). Le niveau de maîtrise de la L2 peut également être

un facteur important à prendre en compte. Dans le passé (Bloomfield, 1935), une personne bilingue était considérée comme telle seulement si elle avait un niveau de maîtrise des deux langues équivalent à celle d'un locuteur natif (vrai bilinguisme ou l'ambilinguisme). Très peu de personnes parviennent néanmoins à maîtriser une L2 de la même manière qu'une L1 native. La grande partie des bilingues se retrouvent actuellement dans une situation de semi-linguisme (niveau de maîtrise réduit dans les deux langues) ou dans une situation où une des langues est dominante (Baker, 2011; Clarkson & Galbraith, 1992). Les personnes intégrant la catégorie de « semi-linguisme » font généralement recours aux deux langues afin de s'exprimer, étant donné leur niveau insuffisant de maîtrise en L2 (Comblain & Rondal, 2001). Un autre facteur à également prendre en considération concerne la fréquence d'utilisation de la L2 (rarement, souvent, très souvent, etc.) (De Leeuw et Bogulski, 2016). Deux bilingues peuvent effectivement se rejoindre sur plusieurs aspects (même paire de langues, même niveau de compétence en L2, même âge d'introduction de la L2, etc.) mais pas sur la manière dont ces deux langues sont utilisées. La fréquence avec laquelle les bilingues switchent entre leurs deux langues peut également définir une personne bilingue (Prior & Gollan, 2011). Un autre aspect qui devrait également être considéré concerne le statut socioculturel des langues dans la communauté (Comblain & Rondal, 2001). Effectivement, une langue qui est reconnue et utilisée dans le contexte communautaire (bilinguisme additif) est susceptible d'être apprise plus rapidement en comparaison à une L2 qui n'est pas utilisée et donc moins valorisée dans le contexte social (bilinguisme soustractif ; Landry, 1984). Un dernier aspect à prendre en compte concerne les raisons pour lesquelles l'individu décide d'apprendre la L2. Un même bilingue ne va pas apprendre une L2 de la même façon s'il doit la pratiquer pour des raisons personnelles, de loisirs (visite occasionnelle du pays en question dans lequel la langue est pratiquée), ou pour des raisons professionnelles (la personne doit s'installer de façon définitive et travailler dans le pays en question).

Le « bilinguisme » est donc un concept complexe qui est susceptible de dépendre d'une multitude de facteurs relatifs aux caractéristiques des personnes bilingues, des spécificités de la langue en question et du contexte sociolinguistique dans lequel la L2 est apprise et utilisée. Une définition actuelle du bilinguisme devrait se baser sur une vision plus holistique (prenant en considération tous ces aspects du bilinguisme) et considérer le bilinguisme comme une variable continue au sein de laquelle les bilingues peuvent varier sur différents aspects (différents niveaux de

maitrise en L2, fréquences différentes d'utilisation de la L2, etc.) (Gottardo & Grant, 2008).

Etant donné que ce projet s'intéresse aux effets du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif, nous allons par la suite définir le concept de contrôle attentionnel et exécutif et nous tenterons de comprendre comment certaines fonctions attentionnelles et exécutives sont impliquées dans le processus de production et de compréhension langagière des bilingues.

## **2. Le contrôle attentionnel et exécutif**

L'effcience attentionnelle est un préalable essentiel à tout comportement impliqué dans la vie quotidienne. Lorsqu'il nous est impossible de faire appel à des comportements surappris et automatisés, nous devons nous focaliser sur l'activité en cours et adapter nos comportements aux demandes de la situation. Une attention insuffisante rend impossible le traitement adéquat des informations pertinentes propres à la situation (Deforge, 2011). Afin de traiter ces informations, un contrôle attentionnel est nécessaire. Ce contrôle concerne un ensemble de fonctions spécifiques qui entretiennent une relation d'interdépendance. Certains modèles de l'attention postulent l'existence de quatre fonctions de l'attention: l'alerte, l'attention sélective, l'attention divisée et l'attention soutenue. L'alerte représente une modulation de l'état d'éveil du système nerveux central qui se réalise afin de mobiliser les autres activités mentales et de permettre une évaluation de la tâche en cours. L'alerte comprend deux aspects: l'alerte tonique qui correspond à un état d'éveil général (cycle veille-sommeil) maintenu tout au long de la journée et l'alerte phasique qui correspond à une modification de l'état d'éveil suite à la survenue d'un signal externe entraînant une réponse rapide de la part du sujet. L'attention sélective consiste en la capacité à focaliser ses ressources attentionnelles sur un aspect précis d'une situation donnée tout en ignorant les autres aspects non-pertinents impliqués dans la situation. L'attention divisée consiste en la capacité à traiter simultanément de multiples sources d'information et implique un partage des ressources attentionnelles parmi les différentes tâches à réaliser. La distribution de ces ressources attentionnelles se réalise selon le type de tâche en cours. Si cette tâche implique des comportements non-automatisés, davantage de ressources seront allouées à cet effet, le reste des ressources étant distribuées entre les autres tâches simultanées à effectuer. Enfin, l'attention soutenue renvoie à l'habileté à focaliser ses ressources attentionnelles de

manière prolongée sur une même tâche en cours (Collette & Salmon, 2014; Leclercq & Zimmerman, 2000; Walch, 2012).

Le contrôle exécutif est également considéré comme un ensemble de fonctions spécifiques (par exemple Baddeley, 1996) dont le rôle principal est de faciliter l'adaptation des sujets aux changements environnementaux. Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter (2000) distinguent parmi ces fonctions la flexibilité cognitive, le contrôle inhibiteur et la mise à jour. La flexibilité permet de déplacer son attention d'un type de stimulus à un autre (Van der Linden et al., 2000). Le contrôle inhibiteur est à son tour composé de deux processus distincts, à savoir l'inhibition de la réponse qui se base sur la suppression d'une réponse non-pertinente automatique, et l'inhibition interférente qui implique une suppression des informations distrayantes non-pertinentes intervenues lors d'une situation en cours (Friedman & Miyake, 2004). La mise à jour permet une actualisation des informations suite à un changement de contenu qui se produit en mémoire de travail. D'autres auteurs incluent également dans les fonctions exécutives, la planification et la mémoire de travail (par exemple Baron, 2004). La planification permet une organisation des ressources cognitives et des comportements afin d'atteindre un but spécifique. Enfin, la mémoire de travail implique un maintien temporaire et actif des informations pertinentes en mémoire, nécessaires à la résolution d'une tâche en cours.

## **2.1. Rôle du contrôle attentionnel et exécutif dans l'accès lexical chez le bilingue**

Plusieurs auteurs avancent le fait que les deux langues d'un bilingue sont constamment activées durant la production orale et écrite réalisée en L1 ou L2 (par exemple van Heuven, Dijkstra & Grainger, 1998 ; Kroll, Bobb, Misra, & Guo, 2008). Cette activation parallèle semble créer une compétition langagière qui doit être résolue. Selon certains modèles influents (modèle d'accès bilingue de Green, 1998 : IC ; modèle d'interaction bilingue : BIA ; Dijkstra & Van Heuven, 1998), cette compétition est solutionnée en inhibant une des deux langues. Ainsi, le modèle d'accès bilingue de Green (1998) qui est un modèle de production et de reconnaissance langagière postule l'existence d'un mécanisme de contrôle inhibiteur (le système attentionnel superviseur : SAS) qui gère cette compétition permettant une focalisation des ressources attentionnelles sur la langue cible. Ce modèle implique une inhibition des représentations lexico-sémantiques équivalentes appartenant à la langue non-cible. Plus spécifiquement, celui-ci postule que des représentations,



comme par exemple des mots appartenant à la langue non-cible, sont inhibés afin de permettre de communiquer dans la langue cible. Ce processus se base sur une inhibition top-down qui est réactive c'est-à-dire qui implique une suppression progressive des candidats compétiteurs appartenant à la langue non-cible au fur et à mesure que ceux-ci sont activés. Selon ce modèle, la quantité d'inhibition appliquée à la langue non-cible est plus importante pour la L1 dominante que pour la L2 plus faible.

Une distinction importante entre le modèle de Green et le modèle BIA réside dans le fait que dans ce dernier l'inhibition des représentations linguistiques non-désirées ne se réalise pas de manière top-down, à travers le contrôle d'un système superviseur général, mais via une inhibition automatique latérale réalisée par des nœuds langagiers. Selon ce modèle, le processus de sélection et d'inhibition langagière s'effectue de manière séparée pour chacune des deux langues. Dans le modèle BIA, la présentation écrite d'un mot dans la langue cible aura comme effet une activation des représentations correspondantes dans la langue non-cible. Cette activation va à son tour envoyer de l'activation aux nœuds langagiers spécifiques à la langue cible, nœuds qui vont ensuite inhiber les représentations des mots correspondants à la langue non-désirée (inhibition asymétrique). Dans une version plus récente de ce modèle (BIA+: Dijkstra & Van Heuven, 2002), ce rôle inhibiteur des nœuds langagiers a été attribué à un mécanisme top-down de contrôle (le système décision-tâche) (Kroll, Van Hell, Tokowicz, & Green, 2010; Mosca & de Bot, 2017).

Plus récemment, outre l'inhibition, d'autres processus exécutifs et attentionnels tels que l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité cognitive ont également été désignés comme étant impliqués dans le processus de production et de compréhension langagière des bilingues. Ces processus seraient requis afin de maintenir un état de préparation constant durant le traitement d'une L2 (alerte), de focaliser ses ressources attentionnelles sur des informations auditives (attention sélective auditive) ou audio-visuelles (attention divisée) données en L2, d'éviter les intrusions de la langue non-cible (inhibition de la réponse), et de switcher activement entre les langues ou sets mentaux (flexibilité cognitive) (Prior & Gollan, 2011 ; Nicolay & Poncelet, 2013a ; Nicolay & Poncelet, 2015).

Dans la section suivante, nous allons nous intéresser aux effets du bilinguisme sur le fonctionnement cognitif. Dans ce cadre, nous allons réaliser une synthèse des résultats des études portant sur les effets cognitifs du bilinguisme, notamment

attentionnels et exécutifs, à partir des premières études réalisées à ce sujet en 1920 jusqu'aux études réalisées récemment. Cette démarche est réalisée afin de comprendre pourquoi le présent projet s'intéresse aux effets de la fréquence de switching langagier et d'une L2 acquise via une éducation immersive sur le fonctionnement attentionnel et exécutif.

## **2.2. Evolution des conceptions sur les effets cognitifs du bilinguisme**

### ***2.2.1. Etudes réalisées avant 1960***

La manière dont le bilinguisme influence le fonctionnement cognitif reste une problématique d'intérêt qui persiste depuis plus de 100 ans et qui a fait l'objet d'un nombre important d'études scientifiques. Les premières études (1920) réalisées à ce niveau ont montré que les personnes bilingues, notamment les enfants, exhibent des performances inférieures à celles de monolingues dans des tâches évaluant l'intelligence verbale (Darcy, 1953) et non-verbale (par exemple Graham, 1926; Jones & Stewart, 1951; Lewis, 1959; Saer, 1923; Wang, 1926), ainsi que les habiletés arithmétiques ou de lecture (Macnamara, 1966; Manuel, 1935). Ces résultats suggèrent que le bilinguisme a un impact négatif sur le fonctionnement cognitif. Selon les auteurs de ces études, cet impact négatif du bilinguisme sur le fonctionnement cognitif est dû au fait que le système cognitif est trop limité pour pouvoir également englober des informations appartenant à la L2 (par exemple MacNamara, 1966) ce qui entraînerait un fonctionnement moins optimal du système cognitif. Des analyses ultérieures réalisées sur ces études ont néanmoins révélé qu'elles présentaient toutes une série de biais méthodologiques liés notamment à la sélection des sujets. Ainsi, ces études ne prenaient pas en compte un certain nombre de facteurs susceptibles d'influencer les performances des sujets (Hakuta, 1986) tels que, par exemple, leur niveau socio-économique ou encore leur niveau de maîtrise de la L2 et la langue dans laquelle les tâches cognitives étaient administrées (L1 ou L2) (Darcy, 1953). Il est donc possible que les moins bonnes performances des participants bilingues dans ces tâches aient été la conséquence non pas du fait d'être bilingues en tant que tel mais du fait d'avoir été évalués dans une langue moins bien maîtrisée ou encore d'être issus de familles de niveau socio-culturel moins élevé que celles des contrôles monolingues. Des études ultérieures contrôlant ces facteurs n'ont effectivement montré soit aucune différence entre les bilingues et les monolingues en termes de fonctionnement intellectuel soit au contraire une différence, mais en faveur des bilingues (pour une

revue voir Hakuta, 1986; Darcy, 1953), comme nous allons le voir dans la partie suivante consacrée aux études réalisées entre 1960 et 2013.

### **2.2.2. Etudes réalisées entre 1960 et 2013**

La vision négative des effets du bilinguisme a commencé à changer à partir des années 1960 quand deux chercheurs canadiens, Peal et Lambert (1962), ont montré pour la première fois que le bilinguisme, non seulement n'entraînait pas d'effets négatifs sur le fonctionnement cognitif mais pouvait même conférer des avantages. Ces auteurs ont évalué les performances de deux groupes d'enfants francophones âgés de 10 ans, issus de plusieurs écoles de Montréal, à des tâches d'intelligence verbale et non-verbale impliquant la formation de concepts et la flexibilité symbolique (par exemple version modifiée des tests d'intelligence Lavoie-Laurendeau ; Lavoie & Laurendeau, 1960). L'un des groupes était composé d'enfants suivant un enseignement par immersion linguistique précoce dans lequel 35 à 40 % des matières scolaires étaient données en anglais (L2) et le reste en français (groupe immergé). L'autre groupe d'enfants suivait un cursus ordinaire, en français uniquement (groupe contrôle non-immergé). Les facteurs non-pris en considération lors des études précédentes (par exemple Graham, 1926; Manuel, 1935; Saer, 1923; Wang, 1926) tels que le niveau socio-économique (SES) ou le niveau de compétence en L2 étaient contrôlés dans cette étude. Les auteurs ont mis en évidence des effets positifs en faveur des immergés comparativement aux monolingues contrôles dans les différentes tâches proposées aux enfants. Selon les auteurs, les immergés ont davantage dû utiliser leurs habiletés verbales et non-verbales comparativement aux monolingues contrôles durant le traitement de la L2, ce qui amènerait à un entraînement accru et donc une amélioration de ces habiletés. Les auteurs suggèrent que les enfants immergés disposent de meilleures habiletés d'analyse par rapport à leurs pairs monolingues, étant donné qu'ils sont plus souvent exposés à des situations de langage au cours desquelles ils doivent comparer les deux langues ou contraster les aspects syntaxiques structurels spécifiques aux deux systèmes langagiers. À partir des résultats obtenus par Peal et Lambert (1962), les études s'intéressant aux effets du bilinguisme sur le fonctionnement cognitif ont commencé à se multiplier confirmant les données de ces auteurs. Plus récemment, à la suite des études menées par Ellen Bialystok (Bialystok, 1992) montrant que le bilinguisme affectait en particulier les fonctions attentionnelles et exécutives, un nombre important d'études furent mises sur pied afin d'explorer les effets du bilinguisme sur ces fonctions dans différents types de populations et en utilisant différents types de tâches (pour une

revue voir Bialystok, 2011; Costa et al., 2009). Des avantages bilingues ont été rapportés à la fois chez des bébés, des enfants, des adultes et même des sujets âgés (par exemple Bialystok, Craik, Klein, & Viswanathan, 2004; Ibrahim et al., 2013; Nicolay & Poncelet, 2013a) dans des tâches attentionnelles et exécutives mesurant principalement l'inhibition interférente et le monitoring telle que l'Attentional Network Test (ANT; Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002), la tâche de Simon (Simon & Wolf, 1963) ou la tâche Dimensional Change Card Sort (DCCS; Zelazo, 2006). Au cours de la tâche ANT, 5 flèches apparaissent sur un écran d'ordinateur (une flèche centrale «cible» et 4 autres flèches distractrices entourant la flèche centrale (flankers). On demande aux participants d'appuyer sur une touche réponse selon la direction (gauche ou droite) de la cible. Cette cible peut être placée soit dans la même direction que les distracteurs (condition congruente) soit dans la direction opposée (condition incongruente). La différence de vitesse de réaction entre la condition congruente et la condition incongruente (effet de conflit) est calculée et prise en compte comme indice d'inhibition interférente. Plusieurs études ont montré que les bilingues présentaient un effet de conflit plus réduit en comparaison à leurs pairs monolingues. Durant la tâche DCCS, les sujets doivent classer des cartes représentant des formes colorées selon un critère spécifique prédéterminé, soit la couleur, soit la forme. Deux indices sont pris en considération: la capacité à inhiber la dimension non-pertinente des cartes (inhibition interférente) et l'habileté de switcher activement entre les deux dimensions (la couleur ou la forme) (monitoring). Pour cette tâche, les bilingues montrent à nouveau de meilleures performances en termes de réponses correctes comparativement à leurs pairs monolingues pour inhiber la dimension non-pertinente ou pour switcher entre les deux types de dimensions (couleur ou forme). Finalement, durant la tâche Simon, deux types de carrés (un vert et un bleu) apparaissent chacun aléatoirement du côté gauche ou du côté droit d'un écran d'ordinateur. La position de chaque carré est assignée à une touche spécifique (vert si le carré est présenté à gauche; bleu s'il est présenté à droite). La différence de vitesse de réaction entre les essais où le carré bleu ou vert correspondant (condition congruente) ou pas (condition incongruente) à leur position prédéterminée (droite ou gauche) est calculée. Cette différence appelée « effet Simon », est indexée comme mesure d'inhibition interférente. Cet effet Simon semble à nouveau réduit chez les bilingues comparativement aux monolingues (voir par exemple Bialystok, Martin, & Viswanathan, 2005). L'avantage bilingue observé dans ces différentes tâches a généralement été attribué à la nécessité pour les bilingues de contrôler l'usage des deux langues (L1 et L2) constamment activées durant la production langagière

(monitoring) et plus particulièrement au besoin d'inhiber des compétiteurs lexicaux appartenant à la langue non-cible (inhibition interférente; Green, 1998). Plus récemment, il a été montré que le bilinguisme influence également de manière positive d'autres processus attentionnels et exécutifs incluant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée (auditive et visuelle), l'inhibition de la réponse et la flexibilité mentale (Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová, et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a).

### **2.2.3. Résultats obtenus après 2013**

Comme présenté lors des chapitres précédents, plusieurs études réalisées notamment entre 1960 et 2013 (pour une revue voir Bialystok, 2011) montrent que le bilinguisme entraîne des effets positifs sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Des études plus récentes ne semblent par contre pas répliquer ces bénéfices attentionnels et exécutifs et montrent de petits effets voire aucun effet. De récentes méta-analyses et revues de la littérature portant sur la relation entre bilinguisme et fonctionnement attentionnel et exécutif mettent effectivement en évidence cette inconsistance et exhibent des résultats variés (pour une revue voir Adesope et al., 2010; de Bruin et al., 2015; Dong, 2015; Donnelly, 2016; Grundy & Timmer, 2016; Hilchey & Klein, 2011; Lehtonen et al., 2018 ; Paap et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Zhou & Krott, 2016). Adesope et al. (2010) réalisent une méta-analyse sur 63 études portant sur les effets du bilinguisme chez des enfants et des adultes. Les résultats montrent une supériorité chez les bilingues comparativement aux monolingues dans des tâches mesurant différentes habiletés telles que l'attention et la mémoire de travail. La taille des effets observés varie de petit à grand ( $g = .26$  to  $.96$ ) selon les fonctions mesurées et semble être modérée par des aspects méthodologiques. Hilchey & Klein (2011) réalisent également une revue portant sur 13 articles ayant pour objectif d'évaluer l'effet du bilinguisme sur les habiletés d'inhibition interférente chez les enfants et les adultes jeunes et âgés. Les résultats mettent en évidence des effets positifs du bilinguisme uniquement chez les bilingues âgés. Par contre, concernant la vitesse générale de réaction, un effet positif est observé dans tous les groupes d'âge mais seulement pour des essais qui mesurent la vitesse générale de réaction des sujets. Paap et al. (2015) réalisent une méta-analyse portant sur les études réalisées après Hilchey et Klein (2011). Lors de cette analyse, les auteurs évaluent l'effet du bilinguisme sur les habiletés d'inhibition et de shifting (ou de flexibilité cognitive) des enfants et des adultes. Les résultats mettent en

évidence un avantage bilingue mais seulement pour quelques-unes de ces études (de 125 à 217). En outre, les résultats positifs semblent uniquement être constatés dans les études évaluant des échantillons réduits alors que pour les études évaluant des échantillons plus larges ( $n > 50$ ), des résultats nuls sont observés. De Bruin et al. (2015) réalisent également une méta-analyse sur 41 études évaluant toute une série de fonctions exécutives et mettent en évidence que l'avantage du bilinguisme sur le fonctionnement exécutif est en réalité attribué à un biais de publication. Ces auteurs analysent plusieurs abstracts de conférences réalisés entre 1999 de 2012 et montrent que les études qui observent des avantages exécutifs sont plus enclines à être publiées, suivi par des études montrant des résultats mixtes. Les études ne mettant en évidence aucun avantage du bilinguisme ont été publiées en dernier. Les résultats de la méta-analyse de De Bruin et al. (2015) ne peuvent pas s'expliquer par la taille des échantillons testés, les tests utilisés ou les procédures statistiques employées. Donnelly (2016) a également réalisé une méta-analyse qui avait pour objectif d'évaluer les effets du bilinguisme sur les habiletés d'inhibition interférente et de shifting. L'analyse portant sur l'inhibition interférente a été réalisée sur 168 tailles d'effet provenant de 43 études et a mis en évidence un petit effet positif du bilinguisme ( $d = .29$ ) mais qui semble dépendre du groupe de recherche qui a réalisé l'étude. La méta-analyse ciblant le processus de shifting portait sur 30 tailles d'effet provenant de 10 études et ne montre aucun effet positif du bilinguisme. Selon Lehtonen et al. (2018), l'inconsistance des résultats observés dans les méta-analyses et revues mentionnées plus haut est potentiellement attribuable à des différences relatives aux critères d'inclusion des sujets, aux processus étudiés et aux méthodes statistiques employées. Lehtonen et al. (2018) réalisent également une méta-analyse portant sur 891 tailles d'effet provenant de 152 études publiées et non-publiées après 1999 portant sur l'inhibition, le shifting (ou flexibilité cognitive), l'attention et le monitoring chez les adultes. L'analyse prend en compte différents facteurs tels que le biais de publication, la diversité, la fiabilité et la validité des tâches utilisées ainsi que la diversité des profils des participants testés. Avant de corriger ces différents biais explicatifs, l'analyse met en évidence un petit avantage bilingue pour les habiletés d'inhibition, de shifting et de mémoire de travail mais pas pour le monitoring et l'attention. Après avoir pris ces biais en compte aucun avantage bilingue n'est plus observé. Certaines de ces études (Dong, 2015; Paap & Greenberg, 2013; Paap, 2015 mais voir Lehtonen et al., 2018) contestent le postulat selon lequel le bilinguisme engendrerait des bénéfices sur le fonctionnement attentionnel et exécutif et suggèrent que ces avantages seraient en réalité modulés par d'autres facteurs non-

contrôlés, linguistiques et non-linguistiques. Ces facteurs incluent le niveau de similarité des langues, l'âge d'acquisition de la L2, la fréquence d'utilisation de la L2, le niveau de compétence en L2, la fréquence de switching langagier (facteurs linguistiques), le niveau de difficulté des tâches utilisées, la diversité des tâches attentionnelles et exécutives appliquées et l'âge chronologique (facteurs non-linguistiques). Dans la section suivante, nous allons détailler les résultats des études qui ont tenté d'investiguer l'effet de ces facteurs potentiellement responsables de l'inconsistance des résultats observés dans la littérature actuelle. Nous allons dans ce cadre mettre l'accent sur la fréquence de switching langagier ainsi que sur les conditions particulièrement homogènes d'acquisition d'une L2 offertes par certains programmes d'immersion bilingue précoce dans lesquels ces différents facteurs peuvent être davantage contrôlés.

### **2.3. Bilinguisme et contrôle attentionnel et exécutif-Conclusions**

Le système attentionnel et exécutif englobe plusieurs fonctions (l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée, l'inhibition interférente et de la réponse, la flexibilité mentale, la mémoire de travail et la planification) qui ont le rôle d'assurer l'adaptation des individus à des changements d'ordre environnementaux (Collette, 2004). Ces habiletés attentionnelles et exécutives semblent être intensivement recrutées lors des situations de bilinguisme où les bilingues doivent contrôler l'usage de leurs deux langues constamment activées (voir par exemple Green, 1998). Les premières études portant sur les effets cognitifs du bilinguisme réalisées en 1920 montrent que l'acquisition d'une L2 engendre des effets négatifs sur le fonctionnement cognitif (Darcy, 1953 ; Graham, 1925; Jones & Stewart, 1951; Lewis, 1959; Macnamara, 1966; Manuel, 1935 ; Saer, 1923; Wang, 1926). Ces effets négatifs ont été assignés à l'incapacité du système cognitif d'englober des informations appartenant à la L2, en plus d'informations de la L1 (MacNamara, 1966). L'apparition de l'étude de Peal et Lambert en 1962 représente un tournant dans le domaine car cette étude montre pour la première fois que le bilinguisme non seulement n'engendre pas des effets négatifs sur le fonctionnement cognitif mais apporte même des avantages à ce niveau. Ces résultats négatifs observés avant les années 1960 semblent être en réalité attribuables à toute une série de failles méthodologiques et plus spécifiquement à une absence de contrôle de différents facteurs incluant le niveau socio-économique, le niveau de maîtrise en L2 ou la L2 dans laquelle les tests

étaient administrés (pour une revue voir Hakuta, 1986; Darcy, 1963). A partir de l'étude de Peal et Lambert (1962) de plus en plus d'études (pour une revue voir Bialystok, 2011 ; Bialystok, 2015) montrent que le bilinguisme ou la situation d'acquisition d'une seconde langue en contexte d'immersion scolaire précoce engendre des effets positifs sur la cognition affectant en particulier le fonctionnement attentionnel et exécutif (l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée, l'inhibition interférente et de la réponse ou la flexibilité mentale ; par exemple Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Fernandez et al., 2014; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015). Une des premières hypothèses qui a été avancée pour expliquer cet avantage est que les bilingues doivent contrôler constamment l'usage de leurs deux langues et inhiber les intrusions de la langue non-désirée afin de s'exprimer dans la langue désirée (Green, 1998). Les résultats des méta-analyses plus récentes portant sur l'effet du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif montrent néanmoins que l'avantage bilingue dans des tâches attentionnelles et exécutives est en réalité très petit voire nul (pour une revue, voir Adesope et al., 2010; de Bruin et al., 2015; Dong, 2015; Donnelly, 2016; Grundy & Timmer, 2016; Hilchey & Klein, 2011; Paap, et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Zhou & Krott, 2016). Ces résultats ont été assignés à un biais de publication (par exemple de Bruin et al., 2015), à la diversité des tâches utilisées pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif ou encore à un non-contrôle des facteurs relatifs aux caractéristiques des bilingues (par exemple le niveau de compétence en L2, l'âge d'acquisition de la L2 ou la fréquence de switching langagier ; Dong, 2015; Paap & Greenberg, 2013). La fréquence de switching langagier a été effectivement suggérée comme étant un facteur potentiellement responsable de l'avantage bilingue au niveau exécutif (flexibilité cognitive et inhibition interférente). L'influence de ce facteur sur le fonctionnement attentionnel et exécutif a été néanmoins peu étudiée jusqu'à présent (Prior & Gollan, 2011 ; Verreyt et al., 2016).



# ***Facteurs modulant les effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif***

### **1. Facteurs linguistiques-Le niveau de similarité des langues**

Le niveau de similarité des langues a été proposé comme étant un facteur potentiellement responsable de l'inconsistance actuelle observée dans la littérature portant sur les effets du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif (voir par exemple Antoniou, Grohmann, Kambanaro, Katsos & 2016 ; Coderre & van Heuven, 2014). Le fait d'utiliser deux langues qui sont très similaires nécessite un contrôle exécutif plus important en comparaison au fait de parler des langues très éloignées, ce qui aurait comme conséquence un entraînement du fonctionnement exécutif et donc une amélioration de celui-ci chez les personnes parlant des langues similaires. Coderre & van Heuven, par exemple, réalisent en 2014, une étude ayant pour objectif d'étudier l'effet du niveau de similarité langagière (orthographique et phonologique) sur les habiletés d'inhibition conflictuelle des adultes bilingues. Dans le cadre de cette étude, les performances de 4 groupes d'adultes ayant chacun des langues (L1 et L2) partageant des niveaux différents de similarité orthographique et phonologique. Ces groupes comportent des bilingues allemand-anglais ayant un niveau de similarité orthographique et phonologique élevé, des bilingues polonais-anglais ayant un niveau de similarité orthographique et phonologique moins important, des bilingues arabe-anglais n'ayant aucune similarité orthographique et un niveau de similarité phonologique réduit ainsi que des monolingues anglophones contrôles. Ces différents groupes ont été comparés grâce à deux tâches mesurant des capacités d'inhibition d'interférence (tâche Simon et version modifiée du test Stroop). Dans le cadre de la tâche de Stroop, les sujets sont exposés à des mots écrits correspondant à des noms de couleur ("rouge", "vert" et "bleu") présentés en L1 et L2 (allemand, polonais, arabe et anglais). Les mots sont entourés de rectangles qui peuvent être de la même couleur (condition congruente) que celle indiquée par le mot écrit ou non (condition incongruente). Il est demandé aux participants d'ignorer les mots présentés et d'indiquer la couleur du rectangle en appuyant sur une touche réponse (index droit pour le rouge, index du milieu pour le vert, auriculaire droit pour

le bleu). Cette tâche contient également une deuxième condition contrôle dans laquelle les mots écrits sont remplacés par des symboles (%%%). La vitesse de réaction des sujets et le nombre d'erreurs qu'ils commettent sont pris en compte comme indice d'inhibition conflictuelle (ou inhibition interférente). Les auteurs avancent que l'avantage bilingue dans les tâches recrutant les habiletés d'inhibition conflictuelle dépend du niveau de similarité des langues en question utilisées. A cet effet, deux hypothèses sont émises. La première (l'hypothèse 1) se base sur le modèle BIA+ postulant une relation étroite positive entre le niveau de similarité langagière et le niveau de contrôle exécutif des bilingues. Selon cette hypothèse, les bilingues ayant des paires de langues avec un niveau de similarité orthographique et phonologique plus important devraient contrôler davantage l'usage de leurs deux langues comme conséquence d'une activation concomitante plus importante des représentations linguistiques des deux langues. Selon les auteurs, ce phénomène impliquerait une utilisation plus importante des habiletés de contrôle exécutif et donc une amélioration de ces habiletés comparativement aux bilingues partageant des langues moins similaires et aux monolingues. La deuxième hypothèse (hypothèse 2) postule que les bilingues ayant des paires de langues avec un niveau de similarité orthographique moins important (ou une paire de langues dissimilaires) devraient démontrer de meilleures habiletés de contrôle exécutif comparativement aux bilingues ayant des langues qui partagent un niveau de similarité orthographique plus important. Cet avantage s'expliquerait par le fait que ces sujets auraient plus d'opportunités de faire appel aux représentations des deux langues et donc d'utiliser plus leurs deux langues comme des instruments pour limiter la sélection lexicale des compétiteurs non-pertinents (Guo, Peng, & Liu, 2005; Hoshino & Kroll, 2008). Les résultats montrent que les bilingues arabe-anglais qui pratiquent des langues qui n'ont aucune ressemblance phonologique et dont la similarité phonologique est réduite, présentent un effet d'interférence (Stroop) plus réduit en L1 et L2 par rapport aux trois autres groupes évalués. Aucune différence de groupe n'est néanmoins observée entre les 4 groupes au niveau de la tâche Simon mesurant les habiletés d'inhibition conflictuelle. Ces résultats soutiennent l'hypothèse 2 des auteurs. Par contre, ces sujets montrent une vitesse de réaction générale plus longue pour les deux tâches appliquées (Stroop et Simon) par rapport aux trois autres groupes, résultats qui soutiennent l'hypothèse 1 des auteurs. Selon les auteurs, ces résultats seraient expliqués par une interférence relative à l'activation parallèle des deux systèmes langagiers (L1 et L2) présente lors de la résolution de la tâche de Stroop. Ces résultats sont néanmoins contestés par Paap, Darrow, Dalibar, & Johnson (2014) qui postulent que la vitesse générale de

réaction évaluée par Coderre et van Heuven (2014) grâce aux tâches Stroop et Simon serait en réalité un indicateur du fonctionnement cognitif plus général et pas d'inhibition. Oswald, Schättin, von Bastian et Souza (2018) ont également évalué l'effet de différents niveaux de similarité des langues sur le fonctionnement exécutif des bilingues. Lors de cette étude, 4 groupes d'adultes bilingues (monolingues germanophones ; bilingues ayant l'allemand et le français de Suisse comme dialectes; bilingues ayant des langues d'une ascendance différence : allemand-turque et bilingues ayant des langues avec la même ascendance indo-européenne : allemand-anglais) ont été comparés au moyen d'une série de tâches mesurant les habiletés d'inhibition interférente et de shifting (ou de flexibilité cognitive). Aucun effet de similarité n'est observé pour aucune des tâches exécutives appliquées. Cette absence d'effet a été attribuée à différents facteurs incluant le statut d'immigré des sujets ou à un possible niveau de maîtrise en L2 non-contrôlé des monolingues. Ces différents résultats remettent en question le postulat selon lequel le niveau de similarité des langues impacte réellement le fonctionnement exécutif des bilingues.

## **2. Facteurs individuels linguistiques et non-linguistiques**

### **2.1. L'âge d'acquisition de la L2**

L'âge d'acquisition de la L2 est défini comme l'âge auquel la L2 commence à être activement utilisée (Luk, Bialystok, Craik, & Grady, 2011). Peu d'études ont tenté d'évaluer l'influence de ce facteur sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Luka et al. (2011) comparent au moyen de la tâche Simon, les habiletés d'inhibition interférente de deux groupes de jeunes étudiants d'environ 20 ans, bilingues avec des backgrounds langagiers variés et monolingues anglophones. Le groupe bilingue a été divisé entre bilingues « précoces » et « tardifs » selon l'âge auquel les sujets sont activement devenus bilingues (avant ou après 10 ans). Outre l'âge d'acquisition de la L2 (considéré comme étant l'âge auquel les deux langues sont pratiquées de manière concomitante quotidiennement), les auteurs prennent également en compte (via un questionnaire) différentes variables contrôles incluant le niveau de compétence en L2 et le niveau d'exposition à la L2. Les résultats montrent que les bilingues précoces présentent un effet de conflit réduit (vitesse de réaction plus rapide) en comparaison aux bilingues tardifs et monolingues. Von Bastian, Souza, et Gade (2015) tentent également de déterminer si l'âge d'acquisition de la L2 pourrait être responsable des avantages bilingues observés au niveau exécutif (inhibition conflictuelle, monitoring,

switching ou flexibilité cognitive). Les auteurs testent un total de 118 bilingues avec des backgrounds langagiers variés (étudiants dans des universités suisses) et prennent en compte différents facteurs tels que le niveau SES des sujets, la fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo. Les résultats montrent que l'âge d'acquisition de la L2 ne prédit pas la performance des sujets dans les différentes tâches exécutives appliquées. Cette absence d'effet est attribuée à différents facteurs non-contrôlés incluant la taille trop réduite des échantillons testés ou la variété des paires de langues maîtrisées par les bilingues. Ces résultats suggèrent que l'âge d'acquisition de la L2 n'influence pas positivement le fonctionnement exécutif des bilingues.

## **2.2. La fréquence d'utilisation de la L2**

La fréquence d'utilisation des langues représente un autre facteur linguistique qui a peu été étudié jusqu'à présent et qui a été proposé comme influençant positivement le fonctionnement exécutif des bilingues (par exemple De Leeuw & Bogulski, 2016). De Leeuw et Bogulski (2016) comparent trois groupes d'adultes au moyen d'une tâche mesurant les habiletés d'inhibition interférente (Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya, & Gabrieli, 2002). Les trois groupes sont composés de deux groupes bilingues et un groupe monolingue anglophone. Les deux groupes bilingues sont respectivement composés de bilingues espagnol-anglais utilisant fréquemment leur L2 et de bilingues espagnol-anglais utilisant rarement leur L2. La fréquence d'utilisation de la L2 est mesurée par un questionnaire langagier dans lequel il est demandé aux sujets d'estimer leur fréquence quotidienne (%) d'utilisation de la L2 par rapport à la L1. Les résultats indiquent qu'effectivement le niveau d'auto-estimation d'utilisation de la L2 des bilingues explique 40% de la variation observée dans la tâche d'inhibition interférente utilisée. De récentes études (par exemple, Lehtonen et al., 2018) tentent également d'investiguer l'influence de la fréquence d'utilisation de la L2 sur le fonctionnement attentionnel et exécutif des bilingues (inhibition, shifting ou flexibilité cognitive, attention et monitoring) mais ne parviennent pas à démontrer que ce facteur prédit les performances des sujets dans les différentes tâches appliquées suggérant que ce facteur n'a pas un réel impact positif sur le fonctionnement exécutif des bilingues.

### 2.3. Le niveau de compétence en L2

Certains auteurs postulent que le niveau de compétence en L2 est également un facteur sous-jacent potentiellement explicatif de l'avantage bilingue dans des tâches mesurant le fonctionnement exécutif (par exemple Iluz-Cohen & Armon-Lotem, 2013; Fernandez & al., 2013 mais voir Mishra, Hilchey, Singh, & Klein, 2012). Iluz-Cohen et Armon-Lotem (2013) par exemple, évaluent des bilingues anglais-hébreu séquentiels (ayant acquis leur L2 après la L1) de 7 ans avec des niveaux similaires de maîtrise en L1 et L2 ou non (bilingues non-équilibrés avec des langues dominantes) grâce à des tâches mesurant différentes habiletés telles que l'inhibition et le shifting (ou la flexibilité cognitive). Les résultats montrent une relation positive étroite entre le niveau de compétence en L2 des sujets et les résultats obtenus dans les tâches mesurant l'inhibition et la flexibilité cognitive. Ces résultats suggèrent que le niveau de compétence en L2 influence positivement les habiletés d'inhibition et de flexibilité mentale. Mishra et al. (2012) observent également un effet positif du niveau de compétence en L2 sur le fonctionnement exécutif mais cette fois-ci chez des bilingues adultes. Les auteurs comparent des adultes bilingues hindi-anglais avec des niveaux de compétence en L2 faibles ou élevés à l'aide d'une tâche de Stroop contenant plusieurs conditions. Au cours de cette tâche les participants voient apparaître sur un écran d'ordinateur des carrés et des flèches de même couleur ou de couleurs différentes (bleu, noir, vert et rouge). Pour chaque essai, un seul carré et une seule flèche sont présentés à l'écran. La flèche peut être dirigée soit vers le carré soit dans la direction opposée. Il est demandé aux participants de suivre visuellement le carré contenant la même couleur que la flèche centrale et d'ignorer la position de cette dernière. L'essai est considéré comme étant congruent si la flèche est dirigée vers le carré de même couleur. Dans toutes les autres conditions, l'essai est considéré comme étant incongruent. Les latences saccadiques (vitesses de réaction oculaires) pour les essais incongruents sont prises en considération et utilisées comme mesure d'inhibition de la réponse. Les bilingues ayant un niveau élevé de compétence en L2 obtiennent une meilleure performance (des latences saccadiques plus courtes) comparativement aux bilingues avec un niveau de compétence faible en L2. Ces effets semblent davantage mis en évidence dans les conditions impliquant un nombre élevé d'essais incongruents. En utilisant des mesures comportementales et des techniques de potentiels évoqués, Fernandez et al. (2013) montrent également que le niveau de compétence en L2 (mesuré à l'aide d'une tâche de vocabulaire productif oral) module la performance des bilingues adultes dans des tâches mesurant l'inhibition de la réponse. Plus spécifiquement, en utilisant les composantes N200 et P300, ces auteurs

comparent les performances de deux groupes d'adultes, à savoir un groupe bilingue avec des backgrounds langagiers différents et un groupe monolingue anglophone grâce à une tâche mesurant l'inhibition de la réponse. La composante N200 est un marqueur permettant de mesurer l'inhibition qui apparaît dans des paradigmes de type Go/No-Go sollicitant une réponse automatique interférente. Cette onde négative apparaît entre +/- 180 et 325 ms après la présentation d'un stimulus visuel ou auditif (Falkenstein, Hoormann, & Hohnsbein 1999; Nieuwenhuis, Yeung, Van den Wildenberg, & Ridderinkhof, 2003; Fernandez et al., 2013). La composante P300 est généralement utilisée comme marqueur électrophysiologique impliqué dans le processus d'allocation des ressources attentionnelles et du traitement de l'information pour des tâches de type Go/No-Go. Cette onde positive surgit entre +/- 300 et 400 ms après la présentation d'un stimulus. Les résultats de Fernandez et al. (2013) mettent en évidence une différence en termes d'amplitude de la N200 entre les deux groupes : amplitude négative plus élevée entre les deux groupes pour les essais NoGo et pas de différence d'amplitude entre les deux groupes au niveau de l'onde P300. De plus, les auteurs montrent que le pourcentage de réponses correctes obtenu grâce à une tâche de vocabulaire corrèle significativement avec les performances des bilingues dans la tâche d'inhibition de la réponse (amplitude N200 plus importante). Sur base de ces résultats, les auteurs postulent que l'avantage bilingue dans des tâches d'inhibition de la réponse est modulé par le niveau de compétence en L2. Une explication complémentaire pour rendre compte de ces résultats est que les bilingues doivent inhiber davantage les représentations de leur première langue, plus dominante, en comparaison aux monolingues au fur et à mesure que leur niveau de compétence en L2 se développe (Costa & Santesteban, 2004; Meuter & Allport, 1999). En outre, Sullivan, Janus, Moreno, Astheimer, & Bialystok (2014) ont également évalué les performances dans une tâche d'inhibition d'un groupe d'étudiants exposés de manière intensive à l'espagnol durant une période de 6 mois. Les résultats de cette étude mettent en évidence une amplitude plus importante de l'onde N200 (entre le type d'items NoGo) dans les régions antérieures par rapport aux régions postérieures ainsi qu'une amplitude plus importante de la P300 chez les étudiants exposés à l'espagnol comparativement aux monolingues. La différence d'amplitude de la N200 mise en évidence dans ces études (Fernandez et al., 2013; Sullivan et al., 2014) s'expliquerait par l'utilisation et l'entraînement plus important des capacités d'inhibition de la réponse utilisées lors des situations de production orale en L2. Une méta-analyse très récente (Lehtonen et al., 2018) portant sur 891 tailles d'effet provenant de 152 études publiées et non-publiées montrent

néanmoins que ce facteur (niveau de compétence en L2) ne module pas l'avantage bilingue mis en évidence dans les tâches mesurant l'inhibition. Ces résultats remettent en question le postulat selon lequel le niveau de compétence en L2 influence positivement le fonctionnement exécutif des bilingues.

## **2.4. La fréquence de switching langagier**

Certaines études postulent que l'avantage bilingue dans des tâches exécutives serait en réalité attribué à l'habileté bilingue de passer d'une langue à l'autre (Dong, 2015; Hartano & Yang, 2016; Prior & Gollan, 2011 ; Verreyt et al., 2016). Le passage d'une langue à l'autre implique un changement actif entre langues qui peut généralement avoir lieu dans deux types de contextes : soit lorsqu'un bilingue switche entre ses deux langues avec un autre bilingue soit quand celui-ci switche de sa L1 vers sa L2 (ou vice-versa) afin de s'adapter à la langue de son interlocuteur monolingue. Selon certains auteurs (par exemple Green & Abutalebi, 2013), quatre types de processus exécutifs seraient requis et utilisés lors du passage d'une langue à l'autre : le maintien des buts, le monitoring des conflits, l'inhibition interférente et le shifting mental (ou la flexibilité mentale). Ces habiletés seraient nécessaires afin de garder en mémoire de travail l'objectif spécifique du message à transmettre (maintien des buts), contrôler les conflits qui peuvent survenir entre les deux langues pour transmettre le message (monitoring des conflits), inhiber les intrusions lexicales de la langue non-désirée dans le contexte conversationnel (inhibition interférente) et reconfigurer les sets mentaux ou langues à employer dans le contexte conversationnel (shifting mental ou flexibilité mentale). Le switching langagier est également susceptible de requérir des habiletés d'alerte qui seraient nécessaires afin de maintenir un état préparatoire ou d'alerte constante nécessaire durant le traitement de la L2.

Green et Abutalebi (2013) affirment qu'afin d'établir l'effet de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement exécutif, un autre facteur complémentaire devrait également être considéré. Celui-ci se réfère au contexte interactionnel dans lequel les échanges conversationnels ont lieu entre bilingues. Green et Abutalebi (2013) stipulent qu'il existe trois types de contextes conversationnels: un contexte langagier dual dans lequel les deux langues sont utilisées (L1 et L2), un contexte langagier individuel au sein duquel seulement une des deux langues (L1 ou L2) est utilisée et un contexte de code-switching dans lequel des mots appartenant aux deux langues sont intégrés au sein d'une même phrase (code switching intra-phrastique).

Dans le 1<sup>er</sup> cas (contexte dual), le bilingue parle les deux langues dans un même environnement (il parle par exemple les deux langues chez lui, ou bien au travail), et dans le 2<sup>ième</sup> cas (contexte individuel), il parle une langue dans un environnement donné (par exemple à la maison) et une autre langue dans un autre environnement. Le troisième cas concerne le fait de passer d'une langue à l'autre au sein d'une même phrase quand des locuteurs bilingues de mêmes langues parlent ensemble. Selon Green et Abutalebi (2013), ces différents contextes entraîneraient des demandes différentes sur le contrôle langagier et affecteraient différemment le fonctionnement exécutif des bilingues. Plus spécifiquement, les contextes dual et de code-switching impliqueraient une utilisation et donc un entraînement plus important des processus exécutifs (plus de maintien des buts, plus d'interférences des intrusions langagières non-désirées et plus de reconfiguration des sets mentaux) par rapport au contexte individuel.

#### ***2.4.1. L'effet de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement exécutif- Résultats actuels***

Très peu d'études réalisées jusqu'à présent ont tenté d'investiguer l'effet de la fréquence de switching langagier sur le développement des fonctions exécutives. Ces recherches ont globalement montré que la fréquence de switching langagier influence positivement deux processus exécutifs: la flexibilité mentale et l'inhibition interférente. Verreyt et al. (2016) par exemple évaluent trois types de sujets, un groupe de bilingues hollandais-français avec un niveau de compétence élevé en L2 switchant souvent d'une langue à l'autre (high-switchers), un groupe de bilingues avec un haut niveau de compétence switchant rarement entre les deux langues (low-switchers) et un groupe de bilingues avec un faible niveau de maîtrise L1-L2 switchant rarement d'une langue à l'autre (bilingues non-équilibrés low-switchers). L'habileté de passer d'une langue à l'autre a été mesurée à l'aide d'un questionnaire langagier spécialement conçu à cet effet dans lequel il a été demandé aux participants d'estimer leur fréquence de switching d'une langue à l'autre sur la journée (de 1-presque jamais à 5 de manière constante). Selon les auteurs, les high-switchers et low-switchers (bilingues low-switchers et bilingues non-équilibrés low-switchers) sont fréquemment exposés à des situations de code-switching. Ces trois groupes sont comparés au moyen de la tâche ANT (Fan et al., 2002) mesurant les capacités d'inhibition interférente. Les résultats montrent des vitesses de réaction plus rapides en faveur des bilingues high-switchers comparativement aux bilingues low-switchers et des bilingues avec un faible niveau de maîtrise L1-L2 switchant rarement entre les langues.



Aucune différence n'est néanmoins observée entre les deux derniers groupes. Les auteurs attribuent l'avantage observé chez les high-switchers à l'habileté de contrôler l'usage de leurs deux langues et plus spécifiquement d'inhiber des intrusions de la langue non-cible durant une conversation. Prior & Gollan (2011) tentent également d'investiguer l'effet de la fréquence de switching langagier sur les habiletés de shifting général (ou de flexibilité mentale) des bilingues. Dans cette étude, les auteurs comparent deux groupes, des bilingues espagnol-anglais qui switchent fréquemment entre les langues à des bilingues mandarin-anglais switchant rarement d'une langue à l'autre à un groupe de monolingues. L'habileté des sujets à passer d'une langue à l'autre a été mesurée de manière similaire à celle utilisée par Verreyt et al. (2016). Les bilingues testés switchant fréquemment ou rarement entre les langues se retrouvent principalement dans une situation de code-switching dans laquelle ils mélangent des mots provenant des deux langues au sein d'une même phrase. Pour évaluer les habiletés de flexibilité mentale, les participants ont effectué une tâche non-linguistique durant laquelle il leur a été demandé de réaliser des jugements spécifiques sur des stimuli visuels présentés sur un écran d'ordinateur : déterminer la propriété (couleur ou forme) du stimulus proposé (triangles et cercles rouges et verts) selon un indice spécifique apparaissant à l'écran. Les auteurs administrent également aux participants une tâche linguistique contenant le même nombre de blocs et d'essais que la tâche non-linguistique. Durant cette tâche linguistique, les participants doivent nommer des chiffres (de 1 à 9) aussi vite que possible dans leur première et/ou deuxième langue. Trois types d'indicateurs de performance sont pris en considération pour les deux types de tâches (linguistique et non-linguistique) : le nombre total de réponses correctes, les coûts de switching (différence de vitesses de réaction entre les essais impliquant un changement de tâche) et les coûts de mixing (différence de vitesses de réaction entre les essais intégrés dans des blocs mixtes et les essais intégrés dans des blocs individuels comprenant le même type d'essai). Les résultats ne révèlent aucune différence de groupe en termes de réponses correctes ou de coûts de mixing et ce, dans aucune des tâches appliquées. En ce qui concerne les coûts de switching, néanmoins, les bilingues espagnol-anglais switchant plus fréquemment d'une langue à l'autre montrent des vitesses de réaction plus réduites par rapport aux bilingues mandarin-anglais switchant rarement entre les langues ainsi qu'en comparaison aux monolingues. Aucune différence de groupe n'est mise en évidence entre les deux derniers groupes. Ces résultats sont observés après avoir contrôlé la vitesse de réaction générale et le niveau SES. Afin d'expliquer leurs résultats, les auteurs postulent que la fréquence de switching langagier serait reliée

aux habiletés de switching général étant donné que la tâche de switching langagier utilisée demande aux participants de switcher d'un type de set mental à un autre (couleur vs. forme du stimulus). Ces résultats suggèrent que la fréquence de switching langagier pourrait représenter un facteur sous-jacent potentiellement responsable des avantages bilingues observés dans des tâches mesurant le fonctionnement exécutif (flexibilité mentale et l'inhibition interférente). Un aspect important à prendre en considération concerne le fait que les deux types de bilingues testés (bilingues espagnol-anglais/bilingues mandarin-anglais) n'avaient pas le même type de paires de langues (espagnol-anglais/mandarin-anglais), l'espagnol étant une langue différente du mandarin sur le plan phonologique, lexical, morphosyntaxique et pragmatique. Cet avantage observé en faveur des bilingues espagnol-anglais est susceptible d'être attribué non seulement à la fréquence de switching langagier mais également à un niveau plus important de similarité des langues parlées par les bilingues espagnol-anglais. L'espagnol et l'anglais, étant des langues plus proches comparativement à la paire mandarin-anglais, cela implique une utilisation plus importante et donc un entraînement plus accru des habiletés d'inhibition comme conséquence d'une activation plus importante des représentations lexicales similaires appartenant aux deux langues.

## **2.5. L'âge chronologique**

Les effets du bilinguisme sur le fonctionnement exécutif diffèrent selon l'âge chronologique des participants. Des effets positifs semblent être retrouvés chez des enfants (par exemple Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015; Bialystok & Martin, 2004) mais également chez des personnes âgées (par exemple Bialystok, Craik, & Luk, 2008 ; Cox et al., 2016). Chez les jeunes adultes, les résultats semblent plus mitigés avec certaines études montrant des effets positifs réduits (Salvatierra & Rosselli, 2010) alors que d'autres ne montrent aucun effet (Lehtonen et al., 2018 ; Paap & Greenberg, 2013). Paap et Greenberg (2013), par exemple, réalisent 3 études qui ont pour but d'explorer l'avantage bilingue observé dans des tâches mesurant le fonctionnement exécutif (inhibition interférente, monitoring et flexibilité cognitive). Dans le cadre de ces études, les auteurs comparent de jeunes bilingues avec un niveau de compétence élevé en L2 présentant des backgrounds langagiers différents à des monolingues en utilisant une série de tâches destinées à mesurer les capacités d'inhibition interférente (tâche Simon; tâche flanker, et tâche antissacade), de monitoring (tâche

Simon) et de flexibilité cognitive (tâche de switching). Le contrôle inhibiteur (ou d'inhibition interférente) est mesuré par la différence de vitesse de réaction entre les essais incongruents (requérant un conflit généralement spatial) et congruents (ne requérant aucun conflit). L'indicateur standard de monitoring, par contre, se base sur la vitesse de réaction générale des sujets à résoudre les deux types d'essais impliqués dans la tâche (congruents vs. incongruents: Costa et al., 2009). Enfin, le marqueur de flexibilité cognitive se base sur la différence de vitesse de réaction entre essais « repeat » (qui se répètent et qui n'impliquent aucun changement) et « switch » (qui impliquent un changement de tâche). Les résultats de cette étude ne montrent aucun effet de groupe pour aucune des tâches exécutives appliquées. Une des explications avancées pour rendre compte de ce manque d'effet a été qu'à cet âge, les bilingues adultes atteignent une capacité attentionnelle maximale qui ne permet pas que le bilinguisme puisse conférer un avantage supplémentaire (Bialystok et al. 2005). Une explication complémentaire serait que les tâches exécutives utilisées pour mesurer ces habiletés ne seraient pas suffisamment exigeantes sur le plan cognitif pour que des effets positifs soient mis en évidence.

### **3. Facteurs liés aux conditions de testing**

#### **3.1. La difficulté des tâches**

Selon certains auteurs l'avantage bilingue dans des tâches recrutant le fonctionnement exécutif semble dépendre du niveau de difficulté des tâches qui sont utilisées (par exemple Lehtonen et al., 2018; Martin-Rhee & Bialystok, 2008). Martin-Rhee et Bialystok mettent en évidence, en 2008, le fait que des enfants bilingues français-anglais de 5 ans réussissent mieux la tâche de Simon (Simon, 1969) mesurant les habiletés d'inhibition interférente que des contrôles monolingues anglophones de même âge mais seulement dans les conditions qui recrutent un haut niveau de contrôle inhibiteur. Dans cette étude, trois versions de la tâche Simon sont utilisées. Ces versions diffèrent en termes de délai d'apparition des stimuli et de temps mis à disposition aux sujets pour répondre. Plus spécifiquement, la condition 1 requiert une réponse immédiate de la part des participants et n'inclue aucun signal avertisseur. La condition 2 se base sur l'apparition d'un signal avertisseur présenté 500 ms après l'apparition du stimulus et la condition 3 se base sur l'apparition d'un signal avertisseur présenté 1000 ms après la présentation du stimulus. Les bilingues montrent une meilleure performance (vitesse de réaction plus rapide) comparativement aux

monolingues mais uniquement dans la condition qui requiert un haut niveau de contrôle inhibiteur (condition 1 sans signal avertisseur, qui implique une réponse immédiate de la part des participants). Les auteurs conduisent ensuite une deuxième étude qui a pour objectif de confirmer les résultats de l'étude 1. Dans cette deuxième étude, les auteurs comparent deux groupes d'enfants de 5 ans: un groupe de sujets monolingues anglophones et un groupe de bilingues ayant des paires de langues différentes au moyen de deux tâches mesurant les habiletés d'inhibition interférente (version Simon simplifiée par rapport à celle appliquée lors de l'étude 1) et de la réponse (Stop Picture Naming Task: Gerstadt, Hong, & Diamond 1994). Lors de la tâche Stop Picture Naming Task, il est demandé aux sujets de dire « nuit » lorsque leur est présentée l'image d'un soleil et de dire « jour » lorsque leur est présentée l'image d'une lune. Afin de mesurer les habiletés d'inhibition de la réponse, les auteurs prennent en compte les temps de latence de réponse (début de la réponse orale suite à la présentation du stimulus oral) et le nombre total de réponses correctes données par les sujets. Pour la tâche Simon, les résultats confirment ceux obtenus lors de l'étude 1, i.e., un effet de conflit réduit en faveur des bilingues. Aucune différence de groupe n'est néanmoins mise en évidence pour la tâche Stop Picture Naming Task. Les auteurs expliquent ces effets en évoquant le fait que les bilingues ne sont généralement pas censés réfréner leurs réponses durant des situations de production en L2 ce qui impliquerait moins d'utilisation et donc d'entraînement des habiletés d'inhibition de la réponse. Bialystok, Craik, & Luk (2008) comparent également deux groupes d'enfants de 8 ans (monolingues anglophones et bilingues anglophones parlant plusieurs L2 au moyen de la tâche DMCT (dual modality classification task) mesurant les habiletés de shifting (ou de flexibilité cognitive), d'inhibition interférente et de mémoire de travail. Les deux groupes sont appariés en termes d'intelligence verbale et de niveau de vocabulaire réceptif en anglais. Durant la tâche DMCT, les sujets doivent classer des stimuli visuels et auditifs selon leur appartenance à une catégorie donnée (animaux ou instruments musicaux). Deux conditions, une simple et une complexe, sont proposées aux participants. Durant la condition simple, les sujets ont à ranger les stimuli de manière séparée selon leur appartenance à la catégorie donnée (animaux ou instruments musicaux). Durant la condition complexe, les participants doivent ranger les deux types de stimuli (appartenant aux deux catégories) de manière simultanée. Les résultats ne mettent en évidence aucune différence de groupe pour la condition simple alors que pour la condition complexe, les bilingues montrent de meilleures performances (plus de réponses correctes) comparativement aux monolingues. Selon les auteurs, les bilingues seraient plus

performants pour mémoriser les règles de la tâche afin de classer les items selon leur catégorie (mémoire de travail), de sélectionner la réponse à donner dans la langue cible en ignorant celle spécifique à la langue non-cible (inhibition), et de switcher leur focus attentionnel sur un type de stimulus à un autre (flexibilité cognitive). Ces avantages seraient reliés à l'habileté bilingue de garder en mémoire des représentations spécifiques des deux langues (mémoire de travail), d'ignorer les informations interférentes appartenant à la langue non-cible (inhibition interférente) et de switcher d'un type de représentation linguistique à un autre (flexibilité cognitive). Costa et al. (2009) montrent également que l'avantage bilingue dans les tâches exécutives est observé dans des conditions qui requièrent un haut niveau de contrôle exécutif. Dans cette étude, des bilingues adultes espagnol-catalan avec un niveau élevé de compétence en L2, sont comparés à des pairs monolingues catalans grâce à une tâche mesurant les habiletés d'inhibition interférente (Attentional Network Test: ANT; Fan et al., 2002). Cette tâche comporte 3 conditions dans lesquelles la proportion d'essais congruents/non-congruents varie : condition 1 : 10% essais incongruents-90% congruents; condition 2 : 50% essais incongruents-50% congruents et condition 3 : 90% essais incongruents-10% congruents. La condition 50/50 est considérée comme étant la plus complexe, car elle implique l'utilisation d'un nombre plus élevé d'essais incongruents recrutant davantage les habiletés d'inhibition interférente. Les deux autres conditions sont considérées comme sollicitant un faible niveau de contrôle inhibiteur étant donné le nombre très réduit d'essais incongruents impliqués. Les auteurs avancent qu'un avantage bilingue devrait uniquement se manifester dans la condition la plus complexe (50% essais congruents-50% congruents), recrutant un niveau élevé de contrôle inhibiteur. Les résultats montrent effectivement une supériorité (en termes de vitesse de réaction et de nombre de réponses correctes) chez les bilingues comparativement aux monolingues et ce, uniquement dans la condition la plus complexe (50% essais incongruents-50% congruents). Ces résultats suggèrent que l'avantage bilingue observé dans des tâches mesurant le fonctionnement attentionnel et exécutif semble se manifester surtout dans des conditions (ou tâches) impliquant un haut niveau de contrôle exécutif.

### **3.2. La variété des tâches**

Actuellement, toute une série de tâches sont disponibles pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif (Valian, 2015). Cette grande diversité semble néanmoins générer des problèmes concernant la validité et la fiabilité des mesures

utilisées (Barkley, 2012). Différents auteurs (par exemple Rey-Mermet, Gade, & Oberaue, 2017; Paap & Sawi, 2016; Soveri et al., 2018) mettent en évidence que des tâches exécutives présumées mesurer les mêmes processus corrèlent très peu ou pas du tout entre elles, ce qui semble indiquer qu'elles ne mesurent pas les mêmes processus exécutifs (Miyake et al., 2000; Paap & Greenberg, 2013; Paap & Sawi, 2016; Waris et al., 2017). Comme suggéré par Paap et al. (2013) pour que l'avantage bilingue dans des tâches mesurant le fonctionnement exécutif soit validé, celui-ci devrait être mis en évidence avec au moins deux tâches mesurant le même processus, et les résultats de ces tâches devraient également corrélérer, ce qui ne semble pas être le cas. Miyake et al. (2000) par exemple montrent que des tâches supposées mesurer l'inhibition partagent en réalité moins de 17% de variance, le reste des 83% étant attribué à d'autres facteurs non-contrôlés. Lehtonen et al. (2018) évaluent également les résultats de tout un panel de tâches exécutives appliquées à des bilingues mesurant l'inhibition (Simon: Simon & Rudell, 1967; ANT: Eriksen & Eriksen, 1974; Fan et al., 2002; Stroop: Stroop, 1935; la tâche Antisaccade: Hallett, 1978), le monitoring (par exemple Simon, Stroop), la flexibilité (tâche de switching couleur-forme et nombre/lettre tâche: Rogers & Monsell, 1995; Wisconsin Card Sorting Test : Grant & Berg, 1948; Test of Everyday Attention: TEA; Robertson, Ward, Ridgeway, & Nimmo-Smith, 1996) et la mémoire de travail (Wechsler Adult Intelligence Scale: WAIS ; Wechsler, 1955). Ces auteurs montrent que l'avantage bilingue n'est présent que dans des tâches mesurant l'attention et le shifting (ou de la flexibilité cognitive) mais pas pour celles mesurant l'inhibition, le monitoring et la mémoire de travail. Ces résultats sont attribués à toute une série de facteurs incluant : les traitements statistiques appliqués, la diversité, la fiabilité, la validité de tâches utilisées (verbales ou non-verbales) ainsi que la variété de paires de langues utilisées par les sujets. Les tâches analysées contiennent seulement des blocs purs et pas de conditions complexes. De plus, les tâches ayant subi des modifications majeures (comme par exemple les tâches flanker contenant une proportion inhabituelle d'essais congruents et incongruents; Costa et al., 2009) ont également été retirées de l'analyse. Cette analyse a finalement été réalisée à partir des tâches les plus fréquemment utilisées dans la littérature montrant des effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Un aspect à prendre en considération est que cette analyse a été réalisée sur des données limitées (7 tailles d'effets pour les études utilisant la TEA et 15 tailles d'effets pour les études utilisant la WSCT). En plus, les auteurs postulent également que les tâches analysées sont multidéterminées et donc ne permettent pas d'identifier avec précision les fonctions qui expliqueraient l'avantage bilingue observé.

Lehtonen et al. (2018) suggèrent que la diversité des tâches exécutives utilisées pourrait être un facteur explicatif des résultats divergents observés dans la littérature actuelle portant sur les effets du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) appliquent les mêmes tâches attentionnelles et exécutives standardisées quand elles comparent des enfants en cours d'acquisition de leur L2 (enfants suivant un enseignement par immersion linguistique précoce) par rapport aux monolingues et observent des effets positifs pour les deux études réalisées. Dans ce contexte, les futures études devraient appliquer des mesures attentionnelles et exécutives standardisées pour lesquelles des avantages ont précédemment été démontrés afin d'évaluer le fonctionnement attentionnel et exécutif des bilingues.

#### **4. Facteurs modulant les effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif-Conclusions**

Plusieurs études réalisées après 1962 (pour une revue voir Bialystok, 2011 ; Bialystok, 2015) ont mis en évidence que le bilinguisme impacte positivement le fonctionnement attentionnel et exécutif (alerte, attention sélective, attention divisée, inhibition de la réponse, inhibition interférente ou flexibilité mentale). Les résultats des méta-analyses plus récentes montrent néanmoins que cet avantage bilingue dans des tâches attentionnelles et exécutives est en réalité très petit voire nul (pour une revue, voir Adesope et al., 2010; de Bruin et al., 2015; Dong, 2015; Donnelly, 2016; Grundy & Timmer, 2016; Hilchey & Klein, 2011; Paap, et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Zhou & Krott, 2016). Ces études contestent ce postulat selon lequel le bilinguisme engendre des effets positifs sur le fonctionnement attentionnel et exécutif et suggèrent que ces avantages seraient en réalité attribuables à des facteurs non-contrôlés linguistiques et non-linguistiques incluant l'âge d'acquisition de la L2, le niveau de similarité des langues, la fréquence d'utilisation de la L2, le niveau de compétence en L2, la fréquence de switching langagier, l'âge chronologique, le niveau de difficulté des tâches utilisées ou la diversité des tâches attentionnelles et exécutives appliquées.

L'habileté à passer d'une langue à l'autre (ou la fréquence de switching langagier) a effectivement été désignée comme étant un facteur potentiel responsable des avantages bilingues observés au niveau exécutif. Ce facteur a néanmoins relativement peu été exploré jusqu'à présent (Prior & Gollan, 2011;

Verreyt et al., 2016). Dans le cadre du présent projet, nous avons investigué l'effet de la fréquence de switching langagier sur les fonctions attentionnelles et exécutives pour lesquelles des avantages bilingues ont précédemment été démontrés (alerte, inhibition de la réponse et flexibilité cognitive ; Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Ibrahim & al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a ; 2015) en essayant d'établir si ces avantages peuvent être expliqués par la fréquence de switching langagier.



## **Chapitre 3**

### ***Une méthode alternative d'apprentissage d'une L2 pour mieux contrôler les facteurs susceptibles d'influencer le bilinguisme : l'immersion linguistique précoce***

Le second objectif de ce projet a été d'établir à quel moment les effets positifs de l'acquisition d'une L2 via une éducation bilingue précoce émergent et, une fois les effets présents, de déterminer si ceux-ci sont permanents ou, au contraire, fluctuent. Dans ce cadre, nous avons évalué les capacités attentionnelles et exécutives d'enfants fréquentant un système par immersion linguistique précoce (CLIL : «Enseignement de matières par intégration d'une langue étrangère; Comblain & Rondal, 2001) en CWB. Dans ce qui suit, nous définirons tout d'abord le concept de CLIL et nous préciserons quand ce programme est apparu pour la première fois. Nous décrirons par la suite les principales caractéristiques du programme CLIL en Europe.

Plusieurs études ont mis en évidence que le bilinguisme acquis dans un cadre familial ou communautaire améliore le fonctionnement cognitif et notamment le fonctionnement attentionnel et exécutif (pour une revue voir Bialystok, 2011; Bialystok, 2015). En dehors de l'acquisition d'une L2 dans un cadre familial, il existe d'autres manières de devenir bilingue tel qu'à travers l'apprentissage d'une L2 via des programmes scolaires tel que le "Content and Language – Integrated Learning method" (CLIL) (Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kalashnikova & Mattock, 2014; Kaushanskaya et al., 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019; Woumans et al., 2016). Le programme CLIL consiste en un type d'immersion scolaire bilingue durant lequel la L2 est utilisée comme langue cible pour enseigner au moins 50% des matières scolaires (par exemple la géographie, l'histoire, les sciences, les mathématiques: Briquet, 2006; Eurydice, 2006), la langue maternelle étant utilisée pour l'enseignement des matières restantes. Le but principal de ce programme est de faire acquérir un niveau fonctionnel d'utilisation de la L2 ainsi qu'une sensibilité envers la culture de la L2 (Comblain &

Rondal, 2001). Ce programme vise également à faire acquérir les mêmes compétences scolaires que celles des enfants intégrés dans des établissements traditionnels ne proposant pas le programme CLIL. Cette forme d'enseignement a été appliquée pour la première fois au Canada en 1965 suite à une expérience initiée par l'université McGill. Cette expérience a été initiée à la demande d'un groupe de parents anglophones insatisfaits des méthodes traditionnelles d'apprentissage d'une L2 (français) utilisées en classe avec leurs enfants. Ces méthodes étaient considérées comme étant insuffisamment adaptées pour faire acquérir un bilinguisme fonctionnel (Lambert & Tucker, 1972). Les enfants suivant l'enseignement immersif avaient l'anglais comme langue première et le français comme langue seconde d'enseignement. Trente-cinq à quarante pourcents du curriculum scolaire (la lecture, l'orthographe, l'arithmétique, les sciences, la musique, l'art et l'éducation physique) était enseigné en L2. Les performances des sujets anglophones apprenant le français comme L2 (groupe immergé) ont été comparées à celles d'un groupe contrôle monolingue anglophone chaque année durant 4 ans (à partir de la première primaire jusqu'en 4<sup>ème</sup> primaire) dans toute une série de tâches mesurant les habiletés de lecture, de vocabulaire productif et réceptif en français et en anglais, les mathématiques et les capacités intellectuelles (verbales et non-verbales). Les deux groupes (immergé et monolingue) étaient appariés sur le niveau d'intelligence verbale et non-verbale et le niveau socio-économique. Les résultats n'indiquent aucune différence de groupe pour aucune des tâches appliquées. Ces résultats suggèrent qu'une L2 acquise via une éducation immersive de 1, 2, 3 et 4 ans n'entraîne pas d'effets négatifs sur le fonctionnement cognitif.

Le programme CLIL existe actuellement dans la grande majorité des pays européens. Ce programme est généralement proposé en langue étrangère régionale ou minoritaire et pour une proportion de 3 à 30 % des élèves de niveau primaire et/ou secondaire. Les langues étrangères principales dans lesquelles le CLIL est assuré à travers l'Europe sont l'anglais, le français et l'allemand. Dans la grande majorité des pays européens, le programme CLIL est proposé tout au long de l'enseignement primaire ou secondaire (niveaux inférieurs ou supérieurs). La durée du programme en Europe est généralement limitée à 10 ans. Cette durée varie néanmoins à travers les pays en fonction de l'autonomie laissée aux établissements scolaires de décider la durée de celui-ci. La même liberté est également laissée pour les matières qui peuvent être enseignées en langue cible. Chaque établissement peut décider d'introduire une ou plusieurs matières en langue cible dans le curriculum (Eurydice, 2006).

Etant donné que le présent projet d'intéresse aux effets de l'apprentissage d'une L2 via le programme CLIL en CWB sur le fonctionnement attentionnel et exécutif, la section suivante va tout d'abord décrire les principales caractéristiques du programme CLIL en Belgique. Ensuite, nous expliquerons les raisons pour lesquelles nous avons choisi d'étudier les effets d'une L2 acquise via CLIL en CWB et nous allons réaliser une synthèse des principaux résultats des études portant sur les effets du programme CLIL sur le fonctionnement attentionnel et exécutif.

## **1. Le programme CLIL en Belgique**

En Belgique, dans la partie francophone du pays (CWB), le premier programme CLIL a été initié en 1989 au sein de l'école fondamentale Léonie de Waha à Liège. Ce programme a été officialisé 10 ans plus tard par un décret promulgué par le Conseil de la Communauté française à l'initiative du Ministère de l'Education (Briquet, 2006). Dès le début, cette méthode alternative d'apprentissage d'une L2 a connu un succès grandissant en Belgique. Aujourd'hui, on compte plus de 339 écoles en immersion (201 écoles fondamentales et 138 écoles secondaires en CWB; voir enseignement.be). En CWB, hors Région Bruxelles-Capitale, le programme est organisé actuellement en 3 langues : allemand, anglais et néerlandais et peut être pratiqué dès la 3<sup>ème</sup> maternelle jusqu'en 6<sup>ème</sup> année primaire avec possibilité de prolongement dans le secondaire. Dans la Région de Bruxelles-Capitale, le programme est proposé en néerlandais, au moins jusqu'à la fin du 1<sup>er</sup> degré du secondaire. Dans les écoles qui l'utilisent, les cours sont donnés soit par des enseignants natifs ou éventuellement par des enseignants avec un niveau équivalent certifié de L2. Dans l'enseignement fondamental, le programme peut débuter en 3<sup>ème</sup> année maternelle (école fondamentale), en 1<sup>ère</sup> année primaire (école primaire) ou en 3<sup>ème</sup> année primaire (école fondamentale ou primaire). Concernant l'enseignement secondaire, l'apprentissage peut débuter dès la 1<sup>ère</sup> année ou dès la 3<sup>ème</sup> année. La durée du programme dans l'enseignement fondamental est de 8 à 21 périodes proposées en langue cible et de 8 à 13 périodes dans l'enseignement secondaire auxquelles peuvent s'ajouter des périodes consacrées aux activités complémentaires (voir enseignement.be). La durée d'exposition à la L2 est dégressive avec moins de périodes proposées durant l'enseignement secondaire. Le degré d'exposition à la L2 durant le programme immersif peut également varier de 50 à 100% du temps en classe (50, 75 ou 100%). Les enfants exposés à 100% du temps scolaire à la L2 se retrouvent dans un

contexte d'immersion sauvage ou de submersion dans lequel aucun apprentissage structuré de la langue maternelle n'est réalisé (Briquet, 2006). La lecture et l'orthographe sont enseignées en première primaire (à partir de 6 ans) soit dans la L2 soit dans la langue maternelle des sujets, l'apprentissage dans l'autre langue étant introduite l'année suivante (Briquet, 2006; Comblain et Rondal, 2001).

## **2. Pourquoi étudier l'effet d'une L2 acquise via le programme CLIL sur le fonctionnement attentionnel et exécutif?**

Le programme CLIL offre des conditions d'apprentissage d'une L2 plus homogènes en comparaison aux situations de bilinguisme précoce dans lesquelles le type de langues apprises, le taux d'exposition à la L2 et le contexte d'apprentissage peuvent varier davantage. En outre, en Belgique, ce programme est organisé de manière relativement homogène. Plusieurs établissements proposent le programme dans la même langue cible, à un pourcentage et pour une durée similaires (21 périodes par exemple proposées en langue cible dès la 3<sup>e</sup> année maternelle jusqu'en 6<sup>e</sup> année primaire). Ces conditions très homogènes sont propices à l'étude de l'effet du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif étant donné que, dans ce cadre, les enfants sont exposés pour la première fois à la L2 dans des conditions identiques et reçoivent la même quantité et le même type d'input linguistique. En conséquence, ce programme offre un contrôle optimal des facteurs susceptibles d'influencer le fonctionnement attentionnel et exécutif tels que ceux que nous venons d'examiner: l'âge d'acquisition de la L2, le niveau de similarité des langues, la fréquence d'utilisation de la L2, le niveau de compétence en L2, la fréquence de passage d'une langue à l'autre ou l'âge chronologique.

## **3. Etudes portant sur les effets d'une L2 acquise via le programme CLIL sur le fonctionnement attentionnel et exécutif**

Un certain nombre d'études ont investigué l'effet d'une L2 acquise via ce programme sur le développement des fonctions attentionnelles et exécutives (par exemple Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kalashnikova & Mattock, 2014; Kaushanskaya et al., 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019; Woumans et al., 2016). Ces études ont mis en évidence des effets divergents (pour une revue, voir Gillet et al., en préparation), certaines

montrant un effet positif d'une L2 (Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015 ; Puric, Vuksanovic, & Chondrogianni, 2017) et d'autres non (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, et al., 2014; Poarch & Van Hell, 2012). Nous allons tout d'abord exposer les résultats des études montrant des effets positifs d'une éducation immersive sur le fonctionnement attentionnel et exécutif en partant des études dans lesquelles les enfants sont le plus exposés à la L2. Nous allons ensuite présenter les études ne montrant pas de bénéfices à ce niveau.

Plusieurs études (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric et al., 2017) ont mis en évidence qu'une L2 acquise via un enseignement immersif entraîne des effets positifs sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Puric et al. (2017), par exemple, tentent de déterminer l'effet de l'acquisition des différents niveaux de maîtrise d'une L2 acquise via un programme immersif précoce sur la mémoire de travail, (Alloway, 2007; Huizinga, Dolan, & Van der Molen, 2006), l'inhibition de la réponse (Lukács, Ladányi, Fazekas, & Kemény, 2016) et le set-shifting (ou flexibilité cognitive). A cet effet, les auteurs comparent trois groupes d'enfants serbes de 7 ans, i.e., sujets monolingues et deux groupes de sujets suivant un programme immersif en allemand, anglais ou français. L'un des groupes d'enfants immergés est exposé à la L2 (allemand ou anglais) à raison de 5 heures par jour (groupe fortement exposé) et l'autre est exposé à la L2 (français) à raison d'1.3 heures par jour (groupe peu exposé). Les différents échantillons sont appariés en termes d'âge, d'intelligence non-verbale et de niveau SES. Les résultats montrent que les immergés fortement exposés à la L2 sont supérieurs (en termes de nombre total de réponses correctes) au groupe peu exposé à la L2 ainsi qu'aux monolingues dans la tâche évaluant la mémoire de travail. Aucune différence de groupe n'est néanmoins observée dans les tâches mesurant l'inhibition de la réponse et la flexibilité cognitive. Ces bénéfices sont attribués à la nécessité chez les bilingues de gérer constamment l'usage de leurs deux langues mais aussi à l'habileté de stocker et de mettre à jour des informations en L2 acquises à travers le programme immersif. L'absence de différence entre les groupes dans les tâches mesurant les capacités d'inhibition et de flexibilité cognitive a été attribuée à plusieurs facteurs incluant le niveau de difficulté trop élevé des tâches utilisées et la taille trop petite des échantillons testés (aucun échantillon ne dépassait 22 sujets). Kaushanskaya et al. (2014) comparent également deux groupes de sujets anglophones de 5 à 7 ans, i.e., un groupe immergé antérieurement dans un programme immersif en espagnol de 2 ans et un groupe contrôle monolingue anglophone au moyen de tâches mesurant leurs capacités de task-shifting ou de flexibilité cognitive (DCCS: Frye, Zelazo, & Palfai, 1995), de mémoire à court terme

verbale, de mémoire de travail verbale (Gaulin & Campbell, 1994) et d'apprentissage de mots (Gupta et al., 2004). Les deux groupes sont appariés en termes d'âge, de genre et de niveau SES. Les résultats ne mettent pas de différence en évidence entre les groupes dans les tâches de flexibilité cognitive et de mémoire à court terme verbale. Une supériorité est néanmoins observée en termes de nombre de réponses correctes en faveur des immergés pour les tâches mesurant les capacités d'apprentissage de mots et de mémoire de travail. Les auteurs attribuent cet avantage à une exposition plus importante des enfants immergés comparativement aux monolingues à des informations verbales (étiquettes verbales) en L2 apprises en classe, exposition qui impliquerait un entraînement et donc une amélioration des habiletés de mémoire de travail. Kalashnikova et Mattock (2014) comparent également des enfants monolingues anglophones et immergés de 3 à 6 ans intégrés dans un programme immersif en gallois depuis 8 à 20 mois au moyen de tâches mesurant les habiletés d'inhibition (DCCS: Frye et al., 1995; Bialystok & Martin, 2004), les habiletés de méta-représentation (Flavell, Flavell, & Green, 1983) et de conscience métalinguistique (Bialystok & Martin, 2003). Les sujets immergés sont intégrés dans un programme immersif dans lequel 75% des matières scolaires sont enseignées en L2 (gallois), l'anglais étant utilisé le reste du temps. Les enfants immergés sont également exposés à la L2 en dehors du contexte scolaire, les deux langues (gallois et anglais) ayant un statut officiel dans leur contexte communautaire. Les groupes sont appariés en termes d'âge et de niveau de maîtrise en L1. Les résultats mettent en évidence un avantage en faveur des immergés comparativement aux monolingues dans la tâche DCSS utilisée. Aucune différence n'est néanmoins observée pour les autres tâches appliquées. Cet avantage a été attribué à l'habileté des immergés à contrôler l'usage de leurs deux langues et à inhiber les intrusions de la langue non-désirée. Afin de produire dans la langue cible, la langue interférente doit être inhibée. Nicolay et Poncelet (2013a) investiguent également l'effet d'une L2 acquise via une éducation immersive de 3 ans et montrent pour la première fois que les avantages observés dans des tâches mesurant le fonctionnement attentionnel dépassent la sphère connue des avantages observés jusqu'alors et englobent aussi d'autres capacités exécutives et attentionnelles telles que l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité cognitive. Dans cette étude, les performances de deux groupes d'enfants francophones de 8 ans i.e., enfants immergés en anglais depuis l'âge de 5 ans et monolingues contrôles, sont comparés à des tâches standardisées mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée, la flexibilité cognitive, l'inhibition de la réponse (KITAP–Zimmermann et al., 2002) et

l'inhibition interférente (Fan et al., 2002). Les deux groupes sont appariés en termes d'âge, de niveau d'intelligence verbale et non-verbale et de niveau SES. Les résultats montrent une supériorité en termes de vitesse de réaction en faveur des immergés pour les tâches mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité cognitive. Aucune différence n'est néanmoins observée pour les tâches mesurant les habiletés d'inhibition de la réponse et d'inhibition interférente. Afin d'expliquer leurs résultats, les auteurs avancent qu'une L2 acquise via une éducation immersive précoce de 3 ans entraînerait des effets positifs sur l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité mentale étant donné que ces habiletés sont susceptibles d'être fortement sollicitées (et donc entraînées) dans les premières étapes du programme immersif afin de traiter les informations linguistiques en L2 reçues en classe. En ce qui concerne l'absence d'effet observé pour les tâches d'inhibition interférente et d'inhibition de la réponse, les auteurs postulent que ces habiletés ne seraient pas suffisamment recrutées dans des situations de production orale en L2 (impliquant une inhibition des compétiteurs lexicaux en L2) durant les premiers stades du programme immersif afin de développer des avantages à ce niveau. Nicolay et Poncelet (2015) réalisent ensuite une seconde étude dans laquelle elles appariant des immergés et monolingues au niveau attentionnel et exécutif avant leur entrée dans le programme immersif. Cette démarche est utilisée afin de s'assurer que les enfants immergés ne surpassent pas, en termes attentionnel et exécutif, les monolingues avant le début de l'exposition à la L2. Les deux groupes sont appariés sur les mêmes variables contrôles (niveau d'intelligence verbale, non-verbale et niveau SES) prises en compte lors de l'étude 1. Dans cette étude, les performances des enfants francophones de 8 ans intégrés dans un programme immersif depuis 3 ans en anglais et celles des enfants monolingues francophones sont comparées au moyen des mêmes tâches attentionnelles et exécutives appliquées par Nicolay et Poncelet (2013a) lors de l'étude 1. Les habiletés d'inhibition interférente et de réponse ne sont néanmoins pas évaluées étant donné qu'aucun effet positif n'est mis en évidence (pour ces mesures) lors de leur première étude. Les résultats répliquent ceux obtenus lors de l'étude 1 et confirment qu'une L2 acquise via un programme immersif de 3 ans entraîne des effets positifs sur le développement des fonctions attentionnelles et exécutives (alerte, attention sélective auditive et divisée et flexibilité cognitive). Enfin, Bialystok et Barac (2012) réalisent également deux études afin d'établir si le fonctionnement exécutif (capacités de résolution conflictuelle ou d'inhibition interférente) potentiellement amélioré par une éducation immersive dépend du temps passé dans le contexte immersif. Dans le cadre de cette étude, deux cohortes

d'enfants (enfants en 2ème, 3ème primaire pour l'étude 1 et en 2ème et 5ème primaire pour l'étude 2) avec des backgrounds linguistiques différents et des niveaux de compétence en L2 variés intégrés dans des programmes immersifs en hébreu (étude 1) ou en français (étude 2) ont été évalués grâce à des tâches mesurant les capacités de résolution de conflits ou d'inhibition interférente (Eriksen & Eriksen, 1974). Les résultats montrent que les performances des élèves immergés dans la tâche de résolution de conflit ou d'inhibition interférente (effet flanker: incongruent TR - congruent TR) dépendent de la longueur du temps passé dans le programme immersif.

Les résultats exposés ci-dessus suggèrent qu'une éducation immersive d'une durée de 2 ans entraîne des avantages au niveau des habiletés d'inhibition et de mémoire de travail. De plus, l'ampleur de l'avantage observé au niveau des capacités d'inhibition semble dépendre du niveau de compétence en L2 et du taux d'exposition à la L2 dans le cadre immersif. Après 3 ans d'immersion, d'autres avantages semblent également être observés au niveau des capacités d'alerte, d'attention sélective auditive et de flexibilité cognitive. Globalement, ces résultats suggèrent qu'une exposition plus longue à la L2 génère des avantages de plus en plus importants au niveau attentionnel et exécutif.

Cependant, contrairement aux études que nous venons d'évoquer, d'autres études ne mettent pas d'effets positifs d'une L2 acquise via un enseignement immersif sur le fonctionnement attentionnel et exécutif en évidence. Carlson et Meltzoff (2008), par exemple, comparent les performances de 3 groupes d'enfants âgés de 4 à 7 ans, composés respectivement de bilingues précoces exposés au français et à l'espagnol dès leur naissance, d'anglophones monolingues suivant un système scolaire ordinaire, et d'anglophones immergés depuis 6 mois en espagnol ou en japonais à raison de 3 heures d'exposition par jour, au moyen de tâches mesurant les habiletés d'inhibition interférente (Attention Network Task: ANT; Rueda et al., 2004), d'inhibition de la réponse (Simon Says; Strommen, 1973) et de mise à jour (DCCS: Dimensional Change Card Sort; Zelazo, Frye, & Rapus, 1996). Après avoir contrôlé l'âge, les habiletés verbales et le niveau SES des sujets, les résultats ne montrent aucune différence de groupe entre les enfants immergés et les monolingues pour aucune des tâches exécutives appliquées. Afin d'expliquer ces résultats, les auteurs suggèrent qu'une éducation immersive de seulement 6 mois serait insuffisante pour mettre en évidence d'éventuels avantages du bilinguisme sur le fonctionnement exécutif. A l'aide d'un design longitudinal, Woumans et al. (2016) comparent



également les performances de deux groupes d'enfants francophones de 5 ans, i.e., des enfants immergés en néerlandais depuis 1 an et des contrôles monolingues, au moyen de tâches mesurant l'intelligence non-verbale (Raven, Court & Raven 1998), l'inhibition interférente (Simon & Rudell, 1967) et la fluence verbale. Les deux groupes sont appariés avant l'entrée dans le système immersif (début de la 3ème maternelle) sur le niveau d'intelligence verbale, le niveau SES et les habiletés de fluence verbale. Cette procédure est appliquée afin de s'assurer que les enfants immergés ne surpassent pas les monolingues en termes attentionnel et exécutif avant leur entrée dans le programme immersif (ou avant le début d'exposition à la L2). Les résultats montrent une différence significative (en termes de réponses correctes) en faveur des enfants immergés comparativement aux monolingues dans la tâche d'intelligence non-verbale mais pas dans celles mesurant l'inhibition interférente et la fluence verbale. Les auteurs attribuent cet avantage aux habiletés plus développées des enfants immergés de raisonner de manière analytique et de traiter des informations abstraites en L2. Poarch et van Hell (2012) évaluent également l'effet d'une L2 acquise via un programme immersif de 1.3 à 5.2 ans sur le développement des capacités d'inhibition interférente. Dans cette étude, 4 groupes d'enfants germanophones de 5 à 8 ans, i.e., des sujets monolingues germanophones, des sujets bilingues précoces allemand-anglais et des sujets intégrés dans un programme immersif anglophone : bilingues germanophones apprenant l'anglais et trilingues parlant plusieurs langues, sont comparés à l'aide d'une tâche mesurant les habiletés d'inhibition interférente (ANT: Rueda et al., 2004; Simon: Simon & Rudell, 1967). Les auteurs contrôlent le niveau de compétence langagière en L2 et le niveau SES des sujets. Les résultats indiquent une supériorité (en termes de vitesse de réaction) chez les bilingues et les trilingues comparativement aux immergés et monolingues dans la tâche d'inhibition interférente. Aucune différence de groupe n'est néanmoins observée à ce niveau entre immergés et monolingues. Une deuxième étude est mise en place 6 mois plus tard afin de confirmer les résultats obtenus lors de la première étude. Au cours de cette deuxième expérience, des trilingues, bilingues et immergés sont à nouveau comparés à l'aide de la même tâche ANT utilisée lors de l'étude 1. Les résultats répliquent ceux de la première étude et montrent que les trilingues et les bilingues précoces sont plus rapides par rapport aux immergés. Afin d'expliquer ces résultats, les auteurs avancent qu'une exposition réduite à la L2 dans un contexte d'immersion linguistique précoce serait insuffisante pour que des avantages sur les habiletés exécutives soient mis en évidence. L'absence d'effet positif d'une L2 acquise via une éducation immersive sur le fonctionnement attentionnel et exécutif semble

également s'observer chez des sujets suivant un enseignement immersif plus long, respectivement de 6, 7 et 10 ans. Nicolay, Noël et Poncelet (non-publié), par exemple, évaluent l'effet d'une L2 acquise via un programme immersif en anglais d'une durée de 7 ans sur le fonctionnement attentionnel et exécutif en comparant les performances des enfants francophones de 12 ans intégrés dans un programme immersif en anglais depuis 6 ans à celles de leurs pairs monolingues francophones grâce au moyen de tâches attentionnelles et exécutives mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'inhibition interférente et de réponse et la flexibilité cognitive (KITAP –Zimmermann et al., 2002). Les deux groupes sont appariés en termes d'âge, de genre, de niveau SES et de niveau d'intelligence non-verbale. Les résultats ne montrent aucune différence de groupe pour aucune des tâches attentionnelles et exécutives appliquées. Les auteurs expliquent ces résultats en invoquant le niveau élevé d'automatisme en L2 des enfants immergés. Ce niveau d'automatisme impliquerait un recrutement moins important des ressources attentionnelles et exécutives et donc un entraînement et une moindre amélioration de ces habiletés. Simonis et al. (2019) comparent également des sujets francophones de 10 et 16 ans suivant un programme immersif en anglais ou en néerlandais depuis au moins 5 ans (entre 5 et 7 ans) et des monolingues francophones, au moyen de tâches mesurant l'inhibition interférente (Simon & Rudell, 1967), le monitoring (Fan & al., 2002), et le shifting ou la flexibilité cognitive (Zelazo, 2006; Bialystok & Martin, 2004). Les groupes sont appariés en termes d'âge, de genre, de niveau SES, de niveau d'intelligence non-verbale et de niveau de vocabulaire réceptif en L1 (français) et L2 (anglais ou néerlandais). Aucune différence de groupe n'est observée pour aucune des tâches exécutives administrées. Les auteurs attribuent cette absence d'effet à différents facteurs incluant la variabilité et l'insensibilité des différentes tâches exécutives appliquées et/ou à l'exposition insuffisante à des situations de production en L2 requérant l'utilisation et donc l'entraînement des fonctions.

Les résultats des études que nous venons d'exposer suggèrent qu'une éducation immersive de 6 mois n'entraîne pas d'effets positifs sur le fonctionnement exécutif (inhibition interférente et de la réponse ou habiletés de mise à jour). Des résultats similaires sont également observés après une exposition à la L2 de 1 an à 5.2 ans dans le cadre immersif sur les habiletés d'inhibition interférente. Sept ans d'exposition dans le cadre immersif ne semblent pas non plus entraîner des bénéfices sur les habiletés d'alerte, d'attention sélective auditive, d'inhibition interférente, d'inhibition de la réponse ou de flexibilité cognitive. Ces résultats ne confirment donc pas les bénéfices observés par certaines études (par exemple Carlson & Meltzoff,

2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric et al., 2017) et suggèrent que l'ampleur des éventuels avantages attentionnels et exécutifs ne dépend pas du niveau de compétence en L2 ni du degré d'exposition à la L2 dans le contexte immersif.

### ***Etudes portant sur les effets d'une L2 acquise via le programme CLIL sur le fonctionnement attentionnel et exécutif - Conclusions***

Plusieurs études montrent qu'une L2 acquise via un enseignement par immersion linguistique précoce entraîne des avantages sur le fonctionnement attentionnel et exécutif (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric et al., 2017). Ces études suggèrent globalement que l'ampleur des avantages attentionnels et exécutifs dépend du degré d'exposition à la L2 et du niveau de compétence en L2 acquis dans le cadre immersif. Ces résultats ne corroborent néanmoins pas avec ceux d'études plus récentes telle que Simonis et al. (2019) qui suggèrent que le degré et la durée d'exposition à la L2 durant le programme immersif n'impactent pas positivement le fonctionnement exécutif des immergés. Pour rappel, Simonis et al. (2019) n'observent pas d'avantages en faveur des immergés exposés depuis 5 à 7 ans à l'anglais ou au néerlandais dans des tâches mesurant l'inhibition interférente. Il se pourrait que ces effets soient uniquement observés au début du processus d'acquisition de la L2, c'est-à-dire durant la période au cours de laquelle le système attentionnel et exécutif est constamment sollicité afin de traiter la L2. Une fois que cette L2 a atteint un niveau de maîtrise plus avancé, les ressources attentionnelles et exécutives ne seraient plus autant requises pour traiter la L2 et les avantages disparaîtraient. Concernant les études ne montrant pas de différences entre immergés et monolingues au niveau attentionnel et exécutif, une autre explication pour rendre compte de cette absence d'effet serait que les monolingues rattrapent les immergés en termes attentionnel et exécutif comme conséquence d'une évolution cognitive normale. Concernant les études évoquées antérieurement ne montrant pas d'avantages d'une L2 acquise via une éducation immersive, un autre aspect à prendre en considération est que ces études appliquent des tâches très variées afin de mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif. Cette diversité pourrait masquer d'éventuels avantages attentionnels et exécutifs du bilinguisme (par exemple Paap & Greenberg, 2013; Paap et al., 2014; mais voir Simonis et al., 2019, thèse non-publiée, chapitre 5). Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) appliquent les mêmes épreuves attentionnelles et exécutives dans deux études consécutives évaluant les effets d'une éducation immersive de 3 ans sur le fonctionnement

attentionnel et exécutif et montrent pour chacune d'elles des avantages en faveur des immergés. Le but précis du présent projet a été d'établir si des bénéfices attentionnels et exécutifs observés par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) après 3 ans d'immersion seraient également présents après 1 (étude 3) et 2 ans d'immersion linguistique précoce (étude 4). Lors de ce projet, les mêmes tâches attentionnelles et exécutives standardisées (KITAP – Zimmermann et al., 2002) utilisées par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) avec lesquelles des bénéfices ont été démontrés, ont été appliquées.

L'objectif secondaire des études 3 et 4 a été d'établir si un éventuel avantage observé au niveau attentionnel et exécutif (alerte, attention sélective auditive, attention divisée et flexibilité mentale), acquis via à une éducation immersive, pourrait avoir un effet indirect sur les compétences académiques. Ces compétences sont mesurées grâce à des tâches arithmétiques (de Vos, 1992). Nous avons choisi d'évaluer les habiletés arithmétiques afin d'éviter des tâches linguistiques complexes qui pourraient interférer avec les performances des sujets qui sont en cours d'acquisition de leur L2 dans le cadre de l'enseignement immersif. Dans la section suivante nous réaliserons une synthèse de résultats des études portant sur l'effet du bilinguisme sur les performances mathématiques.

#### **4. Le fonctionnement attentionnel et exécutif et les performances scolaires**

Malgré les controverses actuelles (Duñabeitia et al., 2014; Lehtonen et al., 2018 ; Paap et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Paap et al., 2014; Paap & Sawi, 2016; Valian, 2015), plusieurs études montrent que le bilinguisme entraîne des effets positifs sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Par ailleurs, certaines études suggèrent qu'un fonctionnement exécutif plus performant améliore à son tour les performances académiques comme, par exemple, en mathématiques ou en lecture (Diamond, 2013; Bull et Scerif, 2001; Peng, Congying, Beilei & Sha, 2012; Yeniad, Malda, Mesman, van Ijzendoorn, & Pieper, 2013). Plusieurs auteurs montrent effectivement que les capacités de flexibilité cognitive et d'inhibition sont liées aux compétences mathématiques et influencent ces dernières. Ainsi, la flexibilité cognitive serait requise durant le passage d'un type d'opération mathématique à un autre (Bull & Lee, 2014) alors que l'inhibition serait sollicitée afin de sélectionner une solution appropriée en mémoire de travail et d'inhiber la solution alternative interférente (Gilmore, Keeble, Richardson & Craig, 2015).

Dans ce contexte, une question sous-jacente qui émerge est de se demander si le bilinguisme pourrait à son tour avoir un impact indirect sur les performances en mathématiques. Des études plus anciennes réalisées à cet effet montrent que l'apprentissage de deux langues (ou la situation de bilinguisme) entraîne des effets négatifs sur les performances académiques. Marsh et Mak (1976), par exemple, comparent des bilingues adultes espagnol-anglais à des pairs monolingues anglophones au moyen d'une tâche évaluant les capacités à résoudre des additions et soustractions. Les résultats montrent une performance plus faible (vitesse de réaction plus longue) chez les bilingues comparativement aux monolingues dans les deux tâches administrées. Magiste (1980) compare également des bilingues adolescents allemand-suédois avec un niveau de compétence non-équilibré en L1/L2 à des pairs monolingues germanophones dans des tâches mesurant les capacités à résoudre des additions et soustractions et montrent que les bilingues font plus d'erreurs et ont une vitesse de réaction plus longue comparativement aux monolingues. Les résultats de ces premières études (Marsh & Mak, 1976; Magiste, 1980) suggèrent que le bilinguisme entraîne des effets négatifs sur les performances académiques (mesurées par des épreuves mathématiques). Les auteurs expliquent ces résultats en termes d'interférence relative à l'activation parallèle des deux systèmes langagiers (L1 et L2) durant la réalisation des tâches académiques. Ces résultats ne semblent néanmoins pas correspondre à ceux d'études plus récentes montrant des effets positifs du bilinguisme sur les habiletés mathématiques. Turnbull, Hart, & Lapkin, (2000), par exemple, mettent en évidence que des enfants de 6<sup>ème</sup> secondaire suivant un programme immersif en anglais depuis maximum 2 ans montrent une supériorité dans des tâches mesurant les habiletés arithmétiques comparativement à des pairs monolingues suivant un enseignement ordinaire. Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Fleckenstein, Gebauer, & Möller (2019) qui comparent des natifs germanophones suivant un programme immersif depuis 1, 2, 3 et 4 ans à des monolingues natifs germanophones dans des tâches mesurant les habiletés mathématiques (EMAT; Deutscher Mathematiktest; Göllitz, Roick, & Hasselhorn, 2006). Les résultats montrent une supériorité (plus de réponses correctes) chez les immergés comparativement aux non-immersés dans les différentes tâches appliquées. Par ailleurs, Nishat (2015) montre également que le niveau de maîtrise d'une L2 corrèle positivement avec les performances des bilingues dans des tâches mesurant différentes compétences mathématiques (soustractions et additions).

Bien qu'un lien a été établi entre un fonctionnement attentionnel plus performant et les performances académiques (par exemple Diamond, 2013), aucune étude réalisée

jusqu'à présent n'a tenté de démontrer si des avantages attentionnels et exécutifs (alerte, attention sélective auditive, attention divisée et flexibilité cognitive) potentiellement engendrés par l'acquisition d'une L2 via une éducation immersive pourraient avoir une répercussion positive indirecte sur les compétences académiques (mesurées par des tâches de calculs ; de Vos, 1992). Les premières études portant sur les effets du bilinguisme sur les habiletés mathématiques montrent que l'acquisition d'une L2 affecte négativement les habiletés de calcul (Marsh & Mak, 1976; Magiste, 1980). Ces résultats ne corroborent néanmoins pas avec ceux d'études plus récentes montrant qu'une L2 acquise via une éducation immersive améliore les performances mathématiques (Fleckenstein et al., 2019).

Dans la section suivante nous allons décrire les objectifs, les hypothèses et démarches que nous avons mises en place pour répondre à nos questions de recherche.







# **PARTIE EXPÉRIMENTALE**



## 1. Le présent projet-Objectifs et hypothèses

Les résultats des études ayant mis en évidence un effet positif du bilinguisme ou de la situation d'acquisition d'une seconde langue en contexte d'immersion scolaire précoce sur le fonctionnement attentionnel et exécutif sont actuellement fortement controversés (Lehtonen et al., 2018 ; Paap, et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013). Concernant l'effet du bilinguisme, de récentes méta-analyses portant sur la relation entre bilinguisme et fonctionnement attentionnel et exécutif montrent que l'avantage bilingue dans des tâches mesurant les habiletés attentionnelles et exécutives est en réalité très petit voire nul (pour une revue, voir Adesope et al., 2010; de Bruin et al., 2015; Dong, 2015; Donnelly, 2016; Grundy & Timmer, 2016; Hilchey & Klein, 2011; Paap, et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Zhou & Krott, 2016). Ces méta-analyses aboutissent donc à la conclusion que l'avantage bilingue observé par des études plus anciennes est plutôt réduit, voire nul. Ces résultats semblent notamment attribuables à un biais de publication (par exemple de Bruin et al., 2015). De Bruin et al. (2015) mettent en évidence que les études qui observent des avantages exécutifs sont plus enclines à être publiées, suivies par les études montrant des résultats mixtes et les études ne montrant aucun avantage du bilinguisme. Ces résultats semblent également imputables à d'autres facteurs non-contrôlés incluant la diversité des tâches utilisées pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif ou à des facteurs relatifs aux caractéristiques des sujets (par exemple l'âge d'acquisition de la L2, le niveau de compétence en L2, ou la fréquence de switching langagier; Dong, 2015; Paap & Greenberg, 2013).

La fréquence de switching langagier a effectivement été désignée comme étant un facteur potentiellement explicatif des avantages bilingues observés au niveau exécutif. Il est possible que ce ne soit pas le bilinguisme en tant que tel (Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Fernandez et al., 2014; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová et al., 2012) mais le fait de switcher fréquemment d'une langue à l'autre qui confère l'avantage bilingue dans les tâches mesurant le fonctionnement attentionnel et exécutif. Les quelques études qui ont cherché à manipuler ce facteur ont en effet montré que le fait de switcher fréquemment d'une langue à l'autre avait un impact positif sur les habiletés de flexibilité cognitive et d'inhibition interférente (Prior & Gollan, 2011; Verreyt et al., 2016).

Concernant l'effet de l'immersion bilingue scolaire précoce, les résultats des études sont très inconsistants (pour une revue, voir Gillet et al., en préparation) avec

des études montrant des effets positifs (Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015 ; Puric et al., 2017) alors que d'autres pas (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & Van Hell, 2012). Une analyse approfondie des résultats de ces études (voir Gillet et al., en préparation) ne permet pas de mettre en lien les effets positifs d'une L2 acquise via une éducation immersive à un facteur précis comme par exemple le temps passé en immersion. Si une éducation bilingue produit des bénéfices en termes de fonctionnement attentionnel et exécutif, on pourrait s'attendre à ce que les bénéfices soient d'autant plus grands que le temps passé en immersion est important, mais il ne semble pas que ce soit le cas (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019; Woumans et al., 2016). L'inconsistance des résultats pourrait être due à la diversité des programmes immersifs auxquels sont soumis les enfants ayant participé à ces études. Ces programmes diffèrent en effet fortement en termes de langues secondes proposées et de degré d'exposition à la L2. Un autre aspect qui pourrait également contribuer à expliquer l'inconsistance des résultats concerne la variété de tâches appliquées par ces études pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif. Cette diversité pourrait masquer d'éventuels avantages attentionnels et exécutifs de l'immersion (par exemple Paap & Greenberg, 2013; Paap et al., 2014; mais voir Simonis, 2019, thèse non-publiée, chapitre 5).

Le présent projet a un double objectif. Le premier est de tenter de déterminer si l'acquisition et la pratique précoces de deux langues influencent durablement le fonctionnement attentionnel et exécutif des personnes bilingues quelles que soient les conditions d'utilisation ultérieure de chacune de ces deux langues en termes de fréquence de switching langagier, ou si au contraire l'effet du bilinguisme sur le fonctionnement exécutif est davantage limité et concerne uniquement des situations de bilinguisme dans lesquelles le fonctionnement exécutif des individus est en permanence massivement sollicité, comme l'est par exemple la situation de switching langagier hautement fréquent. Dans le cadre du présent projet, nous avons investigué l'effet de la fréquence de switching langagier sur les fonctions attentionnelles et exécutives pour lesquelles des avantages du bilinguisme ont précédemment été démontrés (alerte, inhibition de la réponse et flexibilité cognitive ; Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Fernandez et al., 2014; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015) afin de tenter d'établir si ces avantages peuvent être en réalité expliqués en tout ou en partie par la fréquence de switching langagier. A cet effet, deux études ont été réalisées (étude 1

et étude 2). L'étude 1 visait directement à déterminer l'effet de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement attentionnel et exécutif. Elle a consisté à comparer deux groupes de bilingues, l'un switchant fréquemment (SF) et l'autre non fréquemment (SNF) au moyen d'une batterie de tâches standardisées attentionnelles et exécutives évaluant l'alerte, l'inhibition de la réponse et la flexibilité mentale (TAP: Zimmermann & Fimm, 2009). Ces deux groupes avaient un niveau similaire de compétences en L2 (évalué au moyen d'un test standardisé de vocabulaire réceptif et d'un questionnaire d'auto évaluation) et étaient appariés sur toute une série de variables contrôles : âge, genre, niveau SES, niveau de vocabulaire en L2, fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo (Boot et al., 2008; Brito & Noble, 2014; Hackman et al., 2015). Nous postulons que la fréquence de switching langagier pourrait améliorer les habiletés d'alerte, d'inhibition de la réponse et de flexibilité mentale étant donné que ces habiletés sont susceptibles d'être requises afin de maintenir un état préparatoire durant le traitement d'une L2 (alerte), d'éviter les intrusions de la langue non-désirée dans le contexte conversationnel (inhibition de la réponse), et de passer activement d'une langue à l'autre ou d'un set mental à un autre lors d'une conversation (flexibilité cognitive). Dans ce contexte, nous nous attendions à observer un avantage en faveur des bilingues SF comparativement à des bilingues SNF dans les tâches mesurant les habiletés d'alerte, d'inhibition de la réponse et de flexibilité mentale. L'étude 2 avait pour objectif spécifique de dissocier l'effet potentiel de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement attentionnel et exécutif de l'effet du bilinguisme en tant que tel. A cet effet, les performances de deux groupes de bilingues parlant l'allemand et le français, l'un composé de SF et l'autre de SNF et d'un groupe de monolingues ont été comparées au moyen des mêmes tâches attentionnelles et exécutives appliquées lors de l'étude 1. Trois hypothèses sont testées dans cette expérience : soit c'est le bilinguisme à lui seul qui confère un avantage dans les tâches attentionnelles et exécutives, soit c'est la fréquence de switching langagier qui confère cet avantage, soit c'est les deux. Si la fréquence de switching langagier contribue à expliquer l'avantage bilingue dans des tâches mesurant le fonctionnement attentionnel et exécutif, les SF auront de meilleures performances comparativement aux SNF dans les tâches mesurant l'alerte, l'inhibition de la réponse et la flexibilité cognitive. Cette hypothèse sera testée par notre étude 1. Par contre, si le bilinguisme contribue également à expliquer cet avantage, les SF et SNF surpasseront les monolingues en termes de performance. Si un avantage est observé en faveur des SF comparativement aux SNF mais aucune différence entre les SNF et les monolingues n'est mise en évidence, nous pourrions dans ce cas envisager

que cet avantage est uniquement attribuable à la fréquence de switching et non au bilinguisme en tant que tel. Si par contre, les SF et les SNF surpassent les monolingues, mais qu'aucune différence de groupe n'est retrouvée entre les SF et les SNF, cela infirmerait l'hypothèse d'un rôle de la fréquence du switching dans l'avantage bilingue. En comparaison à l'étude 1, dans la deuxième étude, les trois groupes (bilingues SF, bilingues SNF et monolingues) ont également été appariés sur le niveau d'intelligence non-verbale et sur le niveau de compétence en L1. Les groupes SF et SNF ont en outre été appariés sur le niveau de compétence en L2 et L3 et sur la fréquence quotidienne d'utilisation de la L2 et de la L3. Cet appariement a été réalisé afin de s'assurer que ces facteurs (niveau d'intelligence non-verbale, niveau de compétence en L1, L2 et L3 et fréquence quotidienne d'utilisation de la L1, L2 et la L3) n'expliquent pas un éventuel avantage observé en termes attentionnel et exécutif.

Le second objectif de ce projet est de déterminer à quel moment les effets d'un apprentissage d'une L2 par immersion bilingue scolaire précoce émergent une fois que les enfants sont soumis à un tel type d'apprentissage et si une fois présents, ces effets sont permanents ou au contraire peuvent fluctuer. Pour ce faire, nous avons mis sur pied deux études destinées à évaluer les capacités attentionnelles et exécutives d'enfants fréquentant un système par immersion linguistique précoce (CLIL : «Enseignement de matières par intégration d'une langue étrangère; Comblain & Rondal, 2001) en communauté Wallonie-Bruxelles (CWB). Le système d'immersion en CWB est organisé de manière homogène alors que la manière de mettre en pratique le système CLIL peut varier fortement d'un pays ou même d'une région à l'autre. Cette variété de mises en pratique pourrait contribuer à expliquer la variabilité des résultats obtenus par des études évaluant l'effet d'une éducation immersive sur le fonctionnement attentionnel et exécutif (Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kalashnikova & Mattock, 2014; Kaushanskaya et al., 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019; Woumans et al., 2016). En CWB, les établissements scolaires organisant l'immersion proposent le programme dans les mêmes langues cibles (néerlandais, anglais, ou allemand) et à des degrés et durées d'exposition à la L2 similaires. Ces conditions très homogènes sont propices à l'étude de l'effet de l'acquisition d'une L2 sur le fonctionnement attentionnel et exécutif étant donné que, dans ce cadre, les enfants sont exposés pour la première fois à la L2 dans des conditions identiques et reçoivent la même quantité et le même type d'input linguistique. Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) ont réalisé deux études consécutives évaluant les effets d'une éducation immersive de 3 ans sur le fonctionnement attentionnel et exécutif et montrent dans les deux études des

avantages en faveur des enfants immergés. Les enfants ayant pris part à ces études étaient recrutés dans des écoles de la CWB organisant l'immersion et étaient donc soumis au même système d'enseignement immersif homogène que les enfants participant à nos études. Dans le cadre du présent projet, nous avons tenté d'établir si les mêmes bénéfices attentionnels et exécutifs observés par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) après 3 ans d'immersion seraient également présents après 1 an (étude 3) et 2 ans (étude 4) d'immersion linguistique précoce. A cet effet, nous avons appliqué les mêmes tâches avec lesquelles des avantages ont été mis en évidence par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015). C'est uniquement en utilisant les mêmes épreuves que nous pouvons déterminer si les avantages fluctuent, comme semble le montrer l'étude de Nicolay, Noël et Poncelet (non publié) qui n'a pas trouvé d'avantages après 7 ans d'immersion. L'objectif secondaire des études 3 et 4 a été d'établir si un éventuel avantage observé en termes attentionnel et exécutif (alerte, attention sélective auditive, attention divisée et flexibilité mentale) acquis via à une éducation immersive de 1 et 2 ans, pourrait avoir un effet positif indirect sur les compétences académiques (mesurées par des habiletés arithmétiques). Bien que certaines études montrent un lien entre fonctionnement exécutif et performances académiques améliorées (Diamond & Ling, 2016), aucune étude réalisée jusqu'à présent n'a tenté de déterminer si de potentiels avantages attentionnels et exécutifs produits par une éducation immersive pourraient avoir un effet positif indirect sur les compétences académiques.

Lors de notre étude 3 qui a eu pour objectif d'évaluer l'effet d'une éducation immersive d'un an sur le fonctionnement attentionnel et exécutif, un groupe d'enfants francophones de 7 ans suivant un programme immersif en anglais depuis l'âge de 5 ans et un groupe de monolingues suivant un enseignement traditionnel ont été comparés au moyen d'une batterie standardisée de tâches attentionnelles et exécutives appliquée par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité mentale (KITAP – Zimmermann et al., 2002). Ces deux groupes avaient un niveau similaire de compétence en L1 (évalué au moyen d'un test standardisé de vocabulaire réceptif) et étaient appariés sur différentes variables contrôles : âge, genre, niveau SES, fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo (Boot et al., 2008; Brito & Noble, 2014; Hackman et al., 2015). Lors de notre étude 4 qui a eu comme but d'évaluer l'effet d'une éducation immersive de 2 ans sur le fonctionnement attentionnel et exécutif, un groupe d'enfants francophones de 8 ans suivant un programme immersif en anglais depuis l'âge de 5 ans et un groupe monolingue suivant un enseignement ordinaire ont

été comparés au moyen des mêmes tâches attentionnelles et exécutives que celles utilisées dans l'étude 3 (KITAP – Zimmermann et al., 2002). Les deux groupes ont été appariés sur les mêmes variables contrôles prises en compte lors de notre étude 3. Pour les deux études (3 et 4) nous avons fait l'hypothèse que les habiletés d'alerte, d'attention sélective auditive, d'attention divisée et de flexibilité cognitive seraient davantage recrutées et donc améliorées par une éducation immersive de 1 et 2 ans car ces habiletés sont susceptibles d'être recrutées dans le cadre du programme immersif afin de traiter la L2. Plus spécifiquement, l'alerte serait requise dans des situations qui nécessitent un état d'éveil continu, comme par exemple durant le traitement des informations nouvelles en L2 données par les enseignants. L'attention sélective auditive serait également recrutée lors de situations nécessitant la compréhension des informations auditives fournies en classe. L'attention divisée serait aussi recrutée lors de situations nécessitant l'explication des nouveaux concepts (auditifs et visuels) présentés oralement et visuellement par les enseignants. Enfin, la flexibilité cognitive serait recrutée afin de switcher entre les cours scolaires donnés dans une des deux langues (L1 ou L2). Dans ce contexte, nous nous attendions à observer un avantage en faveur des enfants immergés suivant un programme immersif en anglais depuis 1 an et 2 ans comparativement à des pairs monolingues francophones et ce, dans des tâches recrutant des habiletés d'alerte, d'attention sélective auditive, d'attention divisée et de flexibilité mentale (KITAP – Zimmermann et al., 2002). Etant donné le degré plus important d'exposition à la L2, des avantages attentionnels et exécutifs plus importants sont à observer après 2 ans qu'après 1 an d'immersion linguistique précoce. Concernant l'objectif secondaire des études 3 et 4, nous avons fait l'hypothèse qu'une éducation immersive de 1 et 2 ans pourrait avoir un effet positif indirect sur les compétences académiques (mesurées par les habiletés arithmétiques). Cette hypothèse est basée sur des données montrant qu'un fonctionnement exécutif plus performant est directement lié à l'acquisition d'une L2 mais semble également prédire la réussite scolaire (Diamond & Ling, 2016). Par extension, les effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif pourraient se répercuter indirectement sur les performances académiques. Dans le cadre du présent projet, les compétences académiques des enfants ont été mesurées au moyen de deux tâches arithmétiques comprenant des additions et des soustractions (de Vos, 1992). Nous avons choisi d'évaluer ces compétences afin d'éviter des tâches linguistiques complexes qui pourraient interférer avec les performances des immergés qui sont en cours d'acquisition de leur L2 dans le cadre du programme immersif.



Cette introduction théorique est suivie par la partie expérimentale et les quatre études que nous avons réalisées.

## 2. Les études

Afin d'investiguer l'effet de la fréquence de switching langagier sur les fonctions attentionnelles et exécutives (alerte, inhibition de la réponse et flexibilité cognitive) pour lesquelles des avantages ont été précédemment démontrés, deux études ont été mises en place (études 1 et 2). Durant l'étude 1, deux groupes de bilingues adultes avec des niveaux contrastés de fréquence de passage d'une langue à l'autre ont été comparés : un groupe de 21 sujets qui passait souvent d'une langue à l'autre, à savoir au minimum 20 fois sur la journée (SF; fréquence moyenne de switching:  $54.15 \pm 34.96$ ; âgés de 18 à 43 ans) et un autre groupe de 21 sujets qui passait rarement d'une langue à l'autre, maximum 6 fois sur la journée (SNF; fréquence moyenne de switching  $2.91 \pm 2.26$ ; âgés de 18 à 42 ans). Ces deux groupes ont été comparés au moyen de tâches standardisées attentionnelles et exécutives mesurant l'alerte, l'inhibition de la réponse et la flexibilité mentale (TAP: Zimmermann & Fimm, 2009). Les deux groupes avaient des niveaux de maîtrise élevés en L2 mais des paires différentes de L1 et L2. Ces groupes ont été appariés en termes d'âge, de genre, de niveau SES, de niveau de vocabulaire en L2 (évalué au moyen d'un test standardisé de vocabulaire réceptif et d'un questionnaire d'auto évaluation) ainsi que sur la fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo.

L'étude 2 avait pour objectif de dissocier l'effet potentiel de la fréquence de switching langagier sur le fonctionnement attentionnel et exécutif de l'effet du bilinguisme en tant que tel. Lors de cette étude, l'hétérogénéité langagière (paires de langues différentes) non prise en compte lors de l'étude 1 a été contrôlée en comparant deux groupes de bilingues, 30 SF et 21 SNF avec des backgrounds linguistiques plus homogènes (bilingues parlant seulement l'allemand et le français). Ces deux groupes bilingues ont été comparés à un groupe de 29 monolingues contrôles au moyen des mêmes tâches attentionnelles et exécutives appliquées lors de l'étude 1 (Zimmerman & Fimm, 2009).

A l'instar de l'étude 1, les trois groupes ont également été appariés sur le niveau d'intelligence non-verbale, le niveau de vocabulaire en L1 évalué au moyen des tests de vocabulaire productif, ainsi que sur la fréquence quotidienne d'utilisation de la L1.

Les groupes SF et SNF ont également été appariés sur le niveau de vocabulaire en L2 (évalué au moyen des tests de vocabulaire productif et réceptif et d'un questionnaire d'auto évaluation), sur le niveau de connaissances générales en L3, ainsi que sur la fréquence quotidienne d'utilisation de la L2 et la L3.

Afin de déterminer l'effet des différents niveaux d'acquisition d'une L2 dans le contexte d'un enseignement par immersion linguistique précoce sur le développement des fonctions attentionnelles et exécutives pour lesquelles des avantages ont précédemment été démontrés (alerte, attention sélective auditive, attention divisée et flexibilité cognitive), deux études ont été réalisées (études 3 et 4). Lors de l'étude 3, deux groupes d'enfants francophones de 6 à 7 ans, i.e., un groupe de 59 sujets (âgés de 73 à 87 mois) suivant un programme immersif d'apprentissage de l'anglais depuis l'âge de 5 ans (1 an d'immersion linguistique précoce) et un groupe de 57 sujets (âgés de 73 à 87 mois) monolingues suivant un enseignement traditionnel ont été comparés au moyen d'une batterie de tâches attentionnelles et exécutives mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité mentale (KITAP – Zimmermann et al., 2002) appliquées par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015) mais également au moyen d'un test mesurant les habiletés mathématiques (additions et soustractions; de Vos, 1992). Ces deux groupes ont été appariés en termes d'âge, de genre, de niveau SES et de niveau de pratiques sportive, musicale et de jeux vidéo. Lors de l'étude 4, deux groupes d'enfants francophones de 7 à 8 ans: 30 enfants (de 84 à 94 mois) intégrés dans un programme immersif en anglais depuis l'âge de 5 ans (2 ans d'immersion linguistique précoce) et 30 monolingues (de 84 à 97 mois) suivant un enseignement ordinaire, ont été comparés grâce aux mêmes tâches attentionnelles et exécutives appliquées lors de l'étude 3 (KITAP – Zimmermann et al., 2002). Les deux groupes ont été appariés sur les mêmes variables contrôles (âge, genre, niveau SES, pratiques de jeux vidéo, de musique ou de sport) prises en compte lors de l'étude 3.

## **Etude 1. The Impact of Language Switching Frequency on Attentional and Executive Functioning in Proficient Bilingual Adults**

**Barbu, C., Orban, S., Gillet, S., & Poncelet, M.**  
**Psychologica Belgica, 58(1), pp. 115–127**

### ***Abstract***

Bilingual advantages in executive functions are well documented (see Bialystok, 2009; Dong & Li, 2015, for a review), but the specific aspects of bilingualism that underlie these advantages are unclear. The few studies conducted up until now on this subject (e.g., Hartanto & Yang, 2016; Prior & Gollan, 2011; Verreyt, Woumans, Vandelandotte, Szmalec, & Duyck, 2016) have suggested that the frequency of language switching may partially mediate this advantage. We further investigate the impact of oral language-switching frequency on the development of alerting, response inhibition and cognitive flexibility skills in proficient bilinguals. Two groups of proficient bilingual adults (21 low-frequency language switchers and 21 high-frequency language switchers), matched for age, gender, second-language proficiency and socio-cultural status, participated in the study. Tasks assessing alerting, response inhibition and cognitive flexibility were administered. Our results revealed that high-frequency language switchers responded more quickly in the task assessing cognitive flexibility. No group effect was found on the tasks assessing alerting and response inhibition. These results suggest that language-switching frequency is likely an underlying factor in the enhanced cognitive flexibility of proficient bilinguals.

## 1. Introduction

Executive functioning refers to a set of higher-order control processes designed to ensure the adaptation of an individual to different environmental demands (Collette, 2004). According to the model proposed by Miyake et al. (2000), executive functioning consists of three core processes: inhibition-related functions, information updating, monitoring (or working memory), and mental-set shifting. Executive functioning has been shown to be positively influenced by bilingualism (Bialystok, 2009). Bilingual executive advantages have been observed in children (e.g., Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; Nicolay & Poncelet, 2015), adults (e.g., Bialystok, Poarch, Luo, & Craik 2014; Costa, Hernandez, Costa-Faidella, & Sebastián-Gallés, 2009; Costa, Hernandez, & Sebastián-Gallés, 2008; Fernandez, Acosta, Douglass, Doshi, & Tartar, 2014; Fernandez, Tartar, Padron, & Acosta, 2013; Ibrahim, Shoshani, Prior, Prior, & Share, 2013; Marzecová, Asanowicz, Kriva, & Wodniecka, 2012; Seçer, 2016) or even older adults (e.g., Bialystok et al., 2014). These advantages, demonstrated by several studies, have been noted in tasks assessing, for instance, the suppression of automatic response tendencies (response inhibition; Fernandez et al., 2013; Fernandez et al., 2014), the ability to ignore irrelevant conflicting information (interference inhibition; Costa et al., 2008; Marzecová et al., 2012), the ability to shift from a mental set to another (set-shifting) within the demands of a particular context or to switch attention from one aspect to another of a stimulus (cognitive flexibility; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Seçer, 2016), and the ability to monitor and to use (or to delete) working memory information (updating; e.g., Dong & Li, 2015). All these skills cover the range of executive sub-components (inhibition, cognitive shifting or cognitive flexibility, and updating) described by the model of Miyake (Miyake et al., 2000). Bilingual advantages have also been showed in tasks assessing alerting (Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015). Alerting is the ability to react rapidly and adequately to environmental changes (Leclercq & Zimmerann, 2000). It is a basic function which is likely required in all executive tasks.

Previous studies have attributed these benefits to bilingualism as a global factor. According to Green (1998), bilingualism requires the control of the two simultaneous activated languages and more specifically inhibiting lexico-semantic competitors of the non-intended language. This increased recruitment and training of inhibitory skills appears to improve executive functioning. Other authors (e.g., Costa, Pannunzi, Deco,

& Pickering, 2017) have attributed these advantages to the transfer of structures of the native to the non-native language during language acquisition.

The bilingual advantages in executive functioning have not been constantly observed though and are therefore controversial (e.g., Paap & Greenberg, 2013; Paap, Johnson, & Sawi, 2014). This lack of consistency has been attributed to different uncontrolled non-linguistic factors (i.e., socioeconomic status (Hackman, Gallop, & Evans, 2015), video game or music practice (Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008) or linguistic factors including second language (L2) proficiency (e.g., Fernandez et al., 2013) or language-switching frequency (e.g., Hartanto & Yang, 2016; Prior & Gollan, 2011; Soveri, Rodriguez-Fornells, & Laine, 2011; Verreyt et al., 2016). In terms of language switching, a few recent studies (e.g., Hartanto & Yang, 2016; Prior & Gollan, 2011; Verreyt & al., 2016) have indeed suggested that switching frequently between languages or language-switching frequency might improve the development of executive functioning. Language-switching occurs either in two-language contexts in which bilingual individuals change languages mid-utterance when speaking with another bilingual, or in one-language contexts where bilinguals speak one language, for instance L1 at a given time with an L1 monolingual and then L2 at another time with an L2 monolingual.

Despite the large number of studies demonstrating a bilingual advantage in tasks assessing response inhibition and interference inhibition skills, only Verreyt et al. (2016) attempted to determine the influence of language-switching frequency on the development of inhibition skills (interference inhibition) in bilinguals. In addition, no study to date has tried to specifically assess the effect of language-switching frequency on response inhibition skills in bilinguals. Verreyt et al. (2016) compared proficient (balanced) Dutch-French bilinguals who switched frequently between languages with proficient (balanced) Dutch-French bilinguals who seldom switched between languages and non-switching less proficient (imbalanced) Dutch-French bilinguals in a task assessing interference inhibition skills (Attentional Network Task: ANT; Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002). In this task, participants were presented with five arrows (pointing leftwards or rightwards) on a computer screen and asked to indicate the direction of the target arrow occurring in the middle. A conflict effect was calculated by subtracting the mean response speed from the condition in which all of the arrows were pointing in the same direction (congruent condition) from the one in which the central arrow was pointing in the opposite direction (incongruent condition). Verreyt et al. (2016) found that proficient

(balanced) Dutch-French bilinguals who switched frequently between languages exhibited a faster response speed compared with both proficient (balanced) Dutch-French bilinguals who seldom switched between languages and non-switching less proficient (imbalanced) Dutch-French bilinguals. The results of this study also failed to find any group difference between non-switching proficient (balanced) bilinguals and non-switching less proficient (imbalanced) bilinguals in this task. The authors argued that language-switching frequency improves the development of interference resolution skills (or interference inhibition) in bilinguals. This advantage has been seen as reflecting bilinguals' ability to inhibit second-language intrusions from the non-intended language when switching between languages.

Moreover, despite several studies demonstrating that bilingualism enhances cognitive flexibility skills (Ibrahim et al., 2013; Prior & Gollan, 2011; Liu et al., 2016; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Hartanto & Yang, 2016; Seçer, 2016), only two studies to date have assessed the impact of language-switching frequency on the development of switching skills involving cognitive flexibility in bilinguals (Prior & Gollan, 2011; Hartanto & Yang, 2016). Prior and Gollan (2011) showed that proficient Spanish-English bilinguals who switched frequently between languages exhibited enhanced task-shifting skills (faster response speed) compared with proficient Mandarin-English bilinguals who switched less frequently between languages and English monolinguals. Hartanto and Yang (2016) observed similar findings when comparing the performance of two groups of proficient bilinguals (i.e., high- and low-frequency language switchers) in a task assessing switching skills. Both studies used a similar task to assess switching skills (e.g., Paap & Greenberg, 2013). In both tasks, participants were asked to switch from one type of trial to the other (color or shape). These tasks both required two types of costs: switching and mixing costs. Switching costs refer to response speed delays on switch trials. Mixing costs, on the other hand, refers to task-repeat trials in mixed-task blocks compared with single-task blocks. In both studies, the results revealed no group differences in correct responses or mixing costs. For the switching costs, however, high-frequency language switchers outperformed low-frequency language switchers. Both Prior and Gollan (2011) and Hartanto and Yang (2016) argued that reduced switching costs in this task reflect enhanced shifting skills in individuals who switch frequently between languages.

Finally, despite several studies assessing the impact of bilingualism on alerting skills (e.g., Costa et al., 2008; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015), no study to date has sought to determine whether language-switching frequency

influences the development of alerting skills in proficient bilinguals.

As noted above, several studies have revealed that bilingualism, as a general factor, enhances response inhibition, cognitive flexibility and alerting in proficient bilinguals. These advantages might, however, not be due to bilingualism as such but rather to specific linguistic factors related to bilingualism such as language-switching frequency. However, no study or very few studies to date have investigated the effect of language-switching frequency on the development of these skills in proficient bilinguals. The aim of this study was to investigate the effect of oral language-switching frequency on the development of response inhibition, cognitive flexibility and alerting in proficient bilinguals.

We hypothesize that switching orally between languages recruits response inhibition, cognitive flexibility and alerting. These skills are necessary to prevent intrusions from the non-intended language (response inhibition), to switch from one mental set to another (cognitive flexibility) and to maintain a constant preparation state (alerting) (e.g., Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Prior & Gollan, 2011; Prior & MacWhinney, 2010; Verreyt et al., 2016) when switching between languages. In this context, we should expect to observe an advantage in proficient bilinguals (who switch frequently between languages) compared with bilinguals (who rarely switch between languages) in tasks assessing these skills.

## **2. Method**

### **2.1. Participants**

A total of 51 bilingual adults (41 women and 10 men) were recruited from different regions of Belgium. All participants had a high level of proficiency in L2, as estimated by self-rated L2 skills in speaking, reading, writing and speech comprehension, and by an assessment of receptive L2 vocabulary skills via an adaptation of the BPVT (British Picture Vocabulary Test: Dunn, Dunn, Whetton, & Pintilie, 1982) corresponding to the participants' L2. All of the participants spoke French as either their L1 or L2. The participants also spoke a range of other languages (see description below). None of the participants had a specific professional background that required strong language-switching skills (e.g., simultaneous translation). They had no specific language or neurological impairment, brain injury, attentional, auditory or visual deficit at the time of testing. From the total population of 51 bilinguals, two groups with very contrasting language-switching frequencies were selected: one group of 21 proficient bilinguals

switching orally between language a minimum of 20 times per day (i.e., HFLS; mean language-switching frequency:  $54.15 \pm 34.96$ ) and one group of 21 proficient bilinguals switching orally a maximum of 6 times per day (i.e., LFLS; mean language-switching frequency:  $2.91 \pm 2.26$ ). The remaining 9 participants that switched orally between 7 and 19 times per day (mean language-switching frequency:  $11.11 \pm 3.37$ ) were discarded from the study. The results obtained by HFLS and LFLS were the only ones included in the analysis.

The HFLS group was composed of 16 women and 5 men between the ages of 18 and 43 years ( $M=26.00$ ;  $SD=6.11$ ). They had a variety of first languages, including German (15), French (3), Romanian (1), English (1) and Dutch (1). Their most proficient second language was French (18), English (1), and German (2). The L1-L2 pairs of participants in this group combined different language families, including Germanic-Romance (17), Romance-Germanic (3) and Romance-Romance (1). The LFLS group was composed of 17 women and 4 men between the ages of 18 and 42 years ( $M=25.52$ ;  $SD=6.65$ ). They were first-language speakers of a variety of languages, including German (5), French (7), Romanian (2), Portuguese (2), Italian (2), Russian (1), Spanish (1) and Kirundi (1). Their most proficient second languages included French (14), Dutch (2), English (3) and German (2). The L1-L2 language pairs of the participants in this group combined a number of language families, including Romance-Germanic (7), Germanic-Romance (5), Romance-Romance (7), Slavic-Romance (1) and Bantu-Romance (1). The two language switching groups were matched in terms of age, gender, socio-cultural status, video game and music practice, self-rated L2 proficiency, and L2 receptive vocabulary skills (detailed results are presented in Table 1). Low-frequency switchers, however, had more L1-L2 pairs within the same language family than high-switching bilinguals (7 vs. 1).

## **2.2. Materials and procedures**

We distributed a general questionnaire (appendix 1) that collected information concerning the participant's age, medical history (specific language impairment, brain injury, and auditory deficits), socio-cultural status (total number of years of study completed since first grade), video-game practice (total number of hours per week), a range of linguistic variables such as language exposure during lifetime in school, age at onset of L2 exposure, self-rated level of L2 proficiency and daily oral language



switching frequencies (see the detailed description below).

### **2.2.1. Assessment of language skills and language practice**

We measured second-language proficiency by asking the participants to rate their proficiency in speaking, reading, writing and speech comprehension on a 6-point Likert scale (from 1 = very low to 6 = very high). A global score was calculated to obtain a total estimate of second-language proficiency. Furthermore, different versions of the BPVT (British Picture Vocabulary Test: Dunn et al., 1982) adapted to German (Peabody Picture Vocabulary Test: Dunn & Dunn, 1997), French (Echelle de Vocabulaire en Images Peabody: Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993) and Dutch (Peabody Picture Vocabulary Test: Dunn & Dunn, 2005) were also applied to measure L2 proficiency. Participants were assessed with the measure for their particular L2. In all four of the versions used, for each item, the participants were shown four images on a computer screen, the experimenter spoke a word and the participants were asked to say the number of the corresponding image. The items were ordered by increasing level of difficulty. The four versions differed in the total number of items included. The testing procedure was applied according to instructions of the different test versions used. Raw scores were converted into standard scores (z scores) for analysis. Standard scores (z scores) were also used to ensure the comparability of the different test versions. Only the L2 proficiency level of participants was measured given that their L1 corresponded to their mother tongue, a language assumed to be already highly mastered. We measured language-switching frequency by asking participants to estimate the number of times they switched orally between languages within a day. More precisely, we demanded participants to estimate and to sum up the total number of times they switched orally between languages over the course of a week. We then divided that number by seven to establish the average number of times participants switched between languages within the course of a day.

### **2.3. Executive measures**

The tasks used to assess response inhibition, cognitive flexibility and alerting derived from the Test of Attentional Performance (TAP) battery (Zimmermann & Fimm, 2009), a computerized standardized test battery that measures various aspects of attention. Each of the tasks is presented below.

Alerting skills were assessed using the Alertness subtest from the TAP battery. In this task, participants were asked to respond by pressing a key as quickly as possible when a visual stimulus (an “x” sign) appeared at the center of the screen. The task comprised 20 trials from which the first two were dummies. We recorded the reaction times and total errors of each participant. Errors in this task were considered as very long responses (=RT superior to mean + 2.35 x standard deviation).

We measured response inhibition using the Go/Nogo subtest from the TAP battery. Participants were asked to press a key response as quickly as possible when an “x” sign (target) appeared at the center of the screen, and to withhold their response when a “+” sign (distractor) appeared instead. This task includes 40 trials (20 targets and 20 distractors). Each stimulus is presented for maximum 200 milliseconds. We recorded the reaction times and total errors of each participant.

We measured cognitive flexibility using the Flexibility subtest from the TAP battery. In this task, participants were asked to alternate between two types of stimuli (letters and numbers), one of which appeared randomly on either the right or the left side of the computer screen. There were two response keys, one corresponding to the right side of the screen and the other to the left side of the screen. The participants’ task alternated from trial to trial: in one trial, they were asked to press the response key corresponding to the side the letter was on, in the next trial they were asked to press the response key corresponding to the side of the number, on the third the letter again, and so on in alternation. Acoustic feedback was given for errors. The task comprised 100 trials and lasted for approximately 3.5 minutes. Reaction times and total number of errors were recorded.

#### **2.4. General procedure**

The various tasks were all administered in French in a single individual testing session, which lasted between 1.5 and 2.0 hours.

The different tasks were administered in a fixed order. First, participants performed the executive tasks from the TAP battery, followed by the L2 receptive vocabulary task. Testing continued with the administration of the questionnaire. In all cases, the participants were seated at a comfortable distance from the computer screen.

**2.5. Statistical analyses.** We compared the performance of participants in the experimental measures using *t*-tests (independent sample *t*-tests) and chi-squared tests. In light of the critiques of an indirect approach to inferential statistics regarding biases with respect to the null hypothesis, statistical power and *p*-values (Wagenmakers, 2007; Wagenmakers et al., 2015) we also used Bayesian *t*-tests and Bayesian Pearson correlations (Love et al., 2015; <https://jasp-stats.org/>). This approach enables an unbiased estimation of the evidence for a model that includes a group effect or a between measure correlation as compared to a null model in which there is no group effect or no between measure correlation. In Bayesian statistics, there is no significance threshold. However, the larger the Bayes factor associated with a given model, the stronger the evidence in favor of this model compared with the null model. A Bayes factor above 3 is considered to be moderate evidence, a Bayes factor above 10 is considered to be strong evidence and a Bayes factor above 30 is considered to be very strong evidence (Lee & Wagenmakers, 2014).

### 3. Results

#### 3.1. Preliminary measures

A series of *t*-tests revealed no significant differences between the groups in terms of age, socio-cultural level, video-game practice, receptive vocabulary skills and self-rated second-language proficiency. Two additional chi-square tests were also used to compare the two language groups in terms of gender and number of subjects involved in music training. The results revealed no group difference in terms of gender,  $\chi^2(1) = 0.14$ ,  $p=0.70$  or number of subjects involved in music training,  $\chi^2(1) = 0.46$ ,  $p=0.49$ . Bayesian *t*-tests were also conducted on control measures of age, academic background, receptive vocabulary levels, video game practice, and self-rated levels of L2 proficiency. The results revealed that the Bayes factors of the alternative model (including a group effect) were only 0.31 for age, 0.33 for academic background, 0.36 for receptive vocabulary levels, 0.84 for video game practice and 0.92 for self-rated levels of L2 proficiency. These results provide no evidence for a group difference on these control measures (detailed results are presented in Table 1).

Table 1. Descriptive statistics, mean comparisons between high- and low-switching bilinguals by using inferential and Bayesian statistics on age, socio-cultural status, video game practice, second-language receptive vocabulary, and self-rated second language proficiency.

	High-frequency switchers N=21	Low-frequency switchers N=21	Inferential statistics		Bayesian statistics	
			T	<i>p</i>	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)				
Age (years)	26.00 (6.11)	25.52 (6.65)	-0.24	0.81	0.310	1.400e -4
Academic background (years of education)	15.71 (1.61)	15.38 (2.76)	-0.47	0.63	0.332	1.409e -4
Video game practice (h/week)	0.35 (0.85)	0.04 (0.21)	-1.61	0.11	0.843	9.040e -5
Receptive vocabulary level-standard scores (z scores)	0.68 (0.75)	0.88 (1.07)	0.68	0.49	0.365	1.443e -4
Global score for self-rated second language proficiency (max=24)	21.83 (1.79)	20.90 (1.78)	-1.67	0.10	0.920	8.154e -5

df = 40; h= hours;

BF<sub>10</sub> = Bayes factor for the alternative hypothesis vs. the null hypothesis

Bayes factor is undefined - one or both levels of the dependent contain all the same value (zero variance)

### 3.2. Executive measures

A *t*-test (Love et al., 2015; <https://jasp-stats.org/>) carried out on the accuracy data revealed no significant group difference in the alerting task ( $p=0.39$ ; range for low-switching bilinguals: 0–2 errors per 18 items; range for high-switching bilinguals: 0–1 errors per 18 items), in the response inhibition task ( $p=1$ ; range for low-switching bilinguals: 0–4 errors per 20 items; range for high-switching bilinguals: 0–3 errors per 20 items) or in the cognitive flexibility task ( $p=0.44$ ; range for low-switching bilinguals: 0–12 errors per 100 items; range for high-switching bilinguals: 0–16 errors per 100 items). Moreover, no speed-accuracy trade-off was observed for this former task based on a correlation analysis conducted between reaction time and error rates ( $r=0.02$ ;  $p=0.87$ ).

The *t*-tests that we used to compare high- and low-switching bilinguals on reaction time for measures of response inhibition, cognitive flexibility and alerting revealed a significant group difference only in cognitive flexibility,  $t(40)=2.20$  ( $p=0.03$ ), with high-switching proficient bilinguals performing faster than low-switching proficient bilinguals. Concerning the cognitive flexibility task, the results of the Bayesian analysis for response speed suggested that the alternative model that included a group effect was over three times more likely than the null model with no group effect ( $BF_{10}=3.875$ ). For error rates, however the Bayes factor was only of 0.57. Our results also revealed that for the alerting task the Bayes factor of the alternative model was only 0.30 for response speed and 0.40 for errors. Concerning the response inhibition task, the Bayesian analysis revealed that the Bayes factor was only of 0.34 for response speed and of 0.30 for errors rates. Additional analyses for the cognitive flexibility task revealed that compared with the alternative model, the Bayes factor of the null model including no group effect was only 0.25 for response speed and of 1.72 for errors. In contrast, for the alerting task, the null model was approximately three times more likely for response speed and two times more likely for errors. For the response inhibition task, the Bayesian analysis revealed that the null model was two times more likely for response speed and three times more likely for error rates. Detailed results are presented in Table 2.

Table 2. Descriptive statistics, mean comparisons by using inferential and Bayesian statistics in measures of alerting, response inhibition and cognitive flexibility (reaction times in milliseconds, and errors)

	High-frequency switchers N=21	Low-frequency switchers N=21	Inferential statistics		Bayesian statistics				
			t	p	Effect size (Cohen's d)	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)	BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)							
Alerting RT (msec)	238.80 (43.17)	239.52 (34.07)	0.06	0.95	0.01	0.303	~1.400e - 4	3.296	~1.400e - 4
Alerting Errors (max=18)	0.71 (0.46)	0.57 (0.59)	-0.86	0.39	-0.26	0.409	~1.499e - 4	2.445	~1.499e - 4
Response inhibition RT (msec)	393.14 (67.02)	404.61 (68.03)	0.55	0.58	0.17	0.342	~1.417e - 4	2.922	~1.417e - 4
Response inhibition Errors (max=20)	0.90 (0.99)	0.90 (1.22)	0	1	0	0.303	~1.400e - 4	3.300	~1.400e - 4
Cognitive flexibility RT (msec)	551.19 (120.32)	645.66 (155.47)	2.20	0.03	0.68	3.875	~6.004e - 5	0.258	~6.004e - 5
Cognitive flexibility Errors (max=100)	2.33 (2.28)	2.85 (2.10)	0.77	0.44	0.23	0.579	~1.469e - 4	1.728	~1.469e - 4

df = 40; RT=reaction time in milliseconds (msec)

BF<sub>10</sub> = Bayes factor for the alternative hypothesis vs. the null hypothesis

BF<sub>01</sub> = Bayes factor of the null hypothesis vs. the alternative hypothesis

Given the significant group difference observed in the cognitive flexibility task (p=0.03), an additional Bayesian correlation analysis was conducted between oral language-switching frequencies reported by the total initial population of 51 bilinguals and response speed in the cognitive flexibility task in order to further explore the relationship between language-switching frequency and improved cognitive flexibility skills in proficient bilinguals. Results revealed that the model containing a between

measure correlation was three times more likely as compared to the model containing no between measure correlation ( $BF_{10}=3.93$ ;  $r=-0.35$ ). These results provide moderate evidence that language-switching frequencies are correlated with response speed in the cognitive flexibility task.

All the above mentioned findings are consistent with the results obtained with traditional statistics, and they appear to suggest that oral language switching frequency has a positive impact on the development of cognitive flexibility in proficient bilinguals. In contrast, they offer no significant evidence for a positive effect of oral language switching frequency on the development of response inhibition and alerting in proficient bilinguals.

#### **4. Discussion**

The aim of this study was to examine the effect of oral language switching frequency on the performance of proficient bilinguals in tasks assessing response inhibition, cognitive flexibility and alerting skills.

We hypothesized that response inhibition, cognitive flexibility and alerting skills are recruited and accordingly trained by oral language switching. Response inhibition would be required in order to avoid intrusions of the non-desired language. Cognitive flexibility would also be needed to shift between mental sets. Finally, alerting would be necessary in order to maintain a constant alerting state when processing L2 (e.g., Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Prior & Gollan, 2011; Prior & MacWhinney, 2010; Verreyt et al., 2016). In this context, proficient bilinguals who switch languages often would outperform proficient bilinguals who rarely do so in tasks assessing response inhibition, cognitive flexibility and alerting.

As predicted, our results revealed a significant group advantage in terms of cognitive flexibility skills. More precisely, HFLS responded more quickly than LFLS on the task assessing cognitive flexibility. However, no significant group difference was observed on the response inhibition and alerting tasks. The faster response speed of HFLS in the cognitive flexibility task cannot be accounted for by differences in age, gender, video-game practice, socio-cultural status or L2 proficiency since there were no differences between the groups in any of these control measures. The group

difference on the cognitive flexibility task may also not be accounted for differences on basic attentional processes, which underlie cognitive flexibility such as alerting given that no group differences on the alerting task were observed.

The advantage observed in HFLS in the cognitive flexibility task could be explained by the fact that the task used to assess this skill relies on task-switching skills given that participants are required to distinguish the stimuli on the basis of membership in a certain abstract category (in this case, either letters or numbers) and to shift between task sets on different (intermingled) items. This task involves processes similar to language switching in which constant abstract language categorization and language-set shifting are necessary. These results support previous findings (e.g., Prior & Gollan, 2011) showing that the performance of bilinguals who frequently switch languages in tasks assessing switching skills is faster than that of bilinguals who rarely switch.

Unlike the cognitive flexibility task used in this study, which relies on switching, the response inhibition and alerting tasks did not require switching: during these tasks participants were mainly asked to inhibit an inadequate stimulus appearing on the screen (response inhibition) or to respond as fast as possible when a simple stimulus (an “x” sign) was present on the screen (alerting).

In order to clearly establish if oral language switching frequency is the underlying factor for the enhanced cognitive flexibility skills in HFLS, forthcoming studies should also investigate the effect of language switching frequency on cognitive flexibility skills by comparing HFLS and LFLS with their monolingual peers. Prior and Gollan (2011) have shown that frequently switching proficient bilinguals exhibit a faster performance (faster response speed) compared with proficient bilinguals who switched infrequently and monolinguals in a task requiring task-shifting skills. No significant group difference was, however, observed between low-frequency switching bilinguals and monolinguals in this task. These findings suggest that oral language switching frequency is a specific factor responsible for the advantage in task-shifting or cognitive flexibility skills in proficient bilinguals.

In conclusion, the results of our study suggest that oral language switching frequency is a specific underlying factor for the enhanced cognitive flexibility in proficient bilinguals. These findings contribute in understanding which specific linguistic factors related to bilingualism is responsible for the bilingual advantage in attentional and executive functioning. They provide evidence that it is not bilingualism as whole, as suggested by previous studies (e.g., Costa et al., 2008; Bialystok, 2009;



Bialystok & Barac, 2012; Bialystok et al., 2014), which is responsible for a bilingual advantage in attentional and executive skills but rather language-switching frequency. This linguistic aspect should be assessed by future studies examining the relationships between bilingualism and attentional and executive functioning. Future studies should also further investigate the effect of oral language switching frequency on cognitive flexibility, response inhibition and alerting skills in proficient bilinguals by comparing HFLS and LFLS to their monolingual peers.



## **Etude 2. Investigating the effects of language-switching frequency on attentional and executive functioning in proficient bilinguals**

**Barbu, C., Gillet, S., & Poncelet M.**

**Soumis dans Frontiers**

### ***Abstract***

Recent studies have proposed that the executive advantages associated with bilingualism may stem from language-switching frequency rather than from bilingualism per se (see for example, Prior & Gollan, 2011). Barbu, Gillet, Orban and Poncelet (2018) showed that high-frequency language switchers outperformed low-frequency switchers on a mental flexibility task but not on alertness or response inhibition tasks. The aim of the present study was to replicate these results as well as to compare proficient high and low-frequency bilingual language switchers to a control group of monolingual participants. Two groups of proficient bilingual adults (30 high-frequency language switchers and 21 low-frequency language switchers) and a group of 29 monolinguals participated in the study. The results showed superior mental flexibility skills in high-frequency language switchers compared to low-frequency switchers and monolinguals; furthermore, the two latter groups showed no difference in mental flexibility skills. These results provide novel support for the hypothesis that the so-called bilingual advantage is, in fact, a result of language-switching experience.

## 1. Introduction

Assessing the cognitive effects of bilingualism has been an important scientific issue since the early 1920s. At this time, the general consensus in the psycholinguistics field was that learning a second language had a negative effect on cognitive development, affecting skills such as verbal and nonverbal intelligence, arithmetic, and reading (Darcy, 1963; Graham, 1925; Wang, 1926). This vision started to change in the 60s when Peal and Lambert (1962) reported data for the first time showing that bilingualism does not engage negative effects on nonverbal or verbal intelligence; rather, it improves these skills. Negative results observed before 1962 have been attributed to a series of methodological flaws, as these studies did not control for different factors including second language (L2) type, level of bilingualism, and socioeconomic status. These factors have been shown to influence results and are likely to represent underlying factors for the observed effects. For instance, when bilinguals' language knowledge is assessed and participants' intelligence skills are tested in the stronger language and not in the weaker L2, no significant differences between bilinguals and monolinguals are observed, and advantages in favor of bilinguals are even detected (for a review see Hakuta, 1986; Darcy, 1963).

Starting with Peal and Lambert's (1962) study, several authors began to report that bilingualism has a positive effect on cognition, affecting in particular attentional and executive functioning (for a review see Bialystok, 2011; Dong & Li, 2015). These advantages have been observed on different attentional and executive skills including alertness (e.g., Costa, Hernández, & Sebastián-Gallés 2008), interference and response inhibition (e.g., Costa et al., 2008; Costa, Hernández, Costa-Faidella, & Sebastián-Gallés, 2009; Fernandez, Acosta, Douglass, Doshi, & Tartar, 2014), and cognitive flexibility (e.g., Ibrahim, Shoshani, Prior, Prior, & Share, 2013; Liu et al., 2016; Prior & Gollan, 2011). Further advantages have been shown among different bilingual populations, including children (e.g., Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; Nicolay & Poncelet, 2015), young adults, middle aged, and even older age adults (e.g., Bialystok, Poarch, Luo, & Craik, 2014). These benefits have been generally attributed to the continual transferring of different linguistic structures from one language to another during language learning (e.g., Costa et al., 2017) and to the ongoing need of bilinguals to inhibit one of their two activated languages (e.g., Green, 1998).

Recent research in this respect has, however, revealed that these cognitive benefits may not be replicated in a consistent manner (e.g., Paap & Greenberg, 2013).

This lack of consistency has been ascribed to different noncontrolled factors, including L2 proficiency, L2 onset age, and language-switching frequency. Bilinguals can effectively differ on these different linguistic aspects, which can influence subjects' performance of tasks assessing attentional and executive functioning (e.g. Lehtonen et al., 2018). Other noncontrolled factors, including socioeconomic status, video game practice, and music practice have also been shown to influence attentional and executive functioning (Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008; Brito & Noble, 2014; Hackman, Gallop, Evans, & Farah, 2015).

Language-switching frequency (e.g., Dong & Li, 2015) has been proposed as being a responsible factor for bilingual advantages in tasks assessing executive functioning. Switching between languages occurs in two types of situations: when a bilingual switches from one language to the other one with another bilingual, or when the person switches from L1 to L2 (or vice-versa) to adapt to the language of the monolingual interlocutor.

Despite the expansive interest in the cognitive effects of this linguistic behavior, relatively few studies have investigated the effect of language-switching frequency on attentional and executive functioning in bilinguals (Barbu et al., 2018; Hartano & Yang, 2016; Verreyt, Woumans, Vandelanotte, Szmalec, & Duyck, 2016; Prior & Gollan, 2011). These studies have revealed globally that language-switching frequency has a positive effect on cognitive flexibility and interference inhibition (Barbu et al., 2018; Hartano & Yang, 2016; Verreyt et al., 2016, Prior & Gollan, 2011) but not on alertness or response inhibition skills (Barbu et al., 2018).

For instance, Verreyt et al. (2016) showed that language-switching has a positive impact on interference inhibition skills in proficient bilinguals. In this study performances of unbalanced and balanced Dutch-French-speaking bilingual adults were compared on the Attention Network Task (ANT) (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002), a measure of interference inhibition. Balanced bilinguals included high and low-frequency language switchers. During this task, participants are presented with five arrows appearing in the middle of the computer screen. The central arrow (the target) pointing left or right is surrounded by arrows (flankers) pointing either in the same direction (congruent condition) or in the opposite direction (incongruent condition) as the target. A control condition is also available in which the target arrow is surrounded by bars. Participants are instructed to press a response key (e.g., right or left) as fast as possible depending on the direction of the target. Differences in response speed between congruent and incongruent conditions

(conflict effect) are recorded. Results revealed that high-frequency switching bilinguals exhibited a more reduced conflict effect as compared to low-frequency switching bilinguals and low-proficient bilinguals. No group difference was observed between the low-frequency switchers and low-proficient bilinguals. This advantage was attributed to the bilingual ability to switch actively between languages. The authors argued that language-switching frequency enhances resistance to distractor interference in bilingual adults, as these skills are required in order to prevent intrusions from the non-intended language.

Prior and Gollan (2011) have also revealed a positive effect of language-switching frequency on executive functioning but this time on general shifting (cognitive flexibility skills). In this study, proficient Spanish-English bilinguals switching frequently between languages were compared to proficient Mandarin-English bilinguals switching rarely between the two and English monolinguals on a measure assessing switching skills. This measure consisted of a non-linguistic as well as a linguistic switching task, both based on the same experimental design. In the non-linguistic task, participants were asked to perform color and shape judgments on visual stimuli (red or green circles and triangles) presented on a computer screen. In the linguistic version participants were asked to name digits (from 1 to 9) as fast as possible in their first and second languages. For both tasks, two measures were recorded: switch costs (the mean response speed difference between task-switch and task-repeat trials in mixed-task blocks) and mixing costs (the mean response speed difference between mixed-task trials and task-repeat trials within single-task blocks). Results revealed no group difference on mixing costs in either task. However, a significant group difference was observed in terms of switch costs on both the linguistic and non-linguistic tasks, with high-switching Spanish-English bilinguals outperforming low-switching Mandarin-English bilinguals and English monolinguals. No significant group difference was observed in this respect between the later two groups. This advantage was again attributed to language-switching frequency. According to the authors, language-switching frequency improves task-switching skills (involved in the switching task applied) given that both language switching and task-switching rely on similar requirements (switching between mental sets) and both are based on a common process of general switching skills.

Hartanto and Yang (2016) also observed similar findings (no group differences on correct responses or mixing costs but a significant group difference on switch costs) by comparing two groups of proficient bilinguals (i.e., high- and low-frequency

language switchers). They used a similar switching task (requiring subjects to switch between color and shape trials) to assess switching skills. Rather than linking this advantage to the bilingual ability to switch actively between mental sets, the authors stated that this benefit should rather be attributed to the improved bilingual ability to inhibit intrusions from the non-target language when switching between languages.

In line with these findings, Barbu et al. (2018) also revealed that language-switching frequency enhances cognitive flexibility skills in bilingual adults. The authors compared two groups of proficient bilingual adults with different language-switching patterns, i.e., high- and low-frequency language switchers on a series of attentional and executive tasks assessing alertness, response inhibition and cognitive flexibility. The results revealed a small group difference ( $p=0.03$ ), with high-frequency switchers outperforming low-frequency switchers in terms of response speed on the cognitive flexibility task. No significant group differences were, however, observed on the alertness and response inhibition measures. The authors determined that language-switching frequency enhances cognitive flexibility, given that they both require mental shifting, behavior which would indirectly improve nonverbal general switching skills. Concerning the lack of between group differences observed on the alertness and response inhibition tasks applied, the authors suggested that that these advantages were not observed given that the tasks used to assess these skills did not require a behavior similar to language switching, i.e., switching between mental sets.

Alertness and response inhibition skills may be enhanced not by language-switching frequency but by bilingualism itself. Considering that the two bilingual groups (high- and low-frequency language switchers) tested by Barbu et al. (2018) had the same L2 proficiency levels, no significant group differences were observed in this respect given that these skills were probably used to the same extent as subjects became bilinguals.

The aim of the present study was to replicate Barbu et al.'s (2018) data by testing bilinguals with homogenous language backgrounds (only speakers of German and French). This research also compares the performance of these two groups to the monolingual control group on tasks assessing alertness, response inhibition, and cognitive flexibility. High-frequency switchers, low-frequency switchers, and monolinguals were compared by using the same executive measures applied by Barbu et al. (2018) to assess alertness, response inhibition, and cognitive flexibility. If language-switching frequency is a specific factor that enhances mental flexibility skills, high-language switchers should outperform low-language switchers and

monolinguals. However, the later two groups should not differ in this respect. If bilingualism is also a contributing factor to this advantage, low-language switchers should exhibit a better performance than monolinguals. Concerning the alertness and response inhibition tasks, given the results of Barbu et al. (2018), we expect to find no significant group difference between high- and low-language switchers. If bilingualism in itself produces a cognitive benefit, high- and low-language switchers should outperform monolinguals.

## **2. Method**

### **2.1. Participants**

A total of 80 participants were recruited for this study. This included two groups of bilinguals composed of 30 high-frequency language switchers (HFLS) and 21 low-frequency language switchers (LFLS) speakers of German and French. In addition, 29 French-speaking monolinguals were recruited for this study. HFLS, LFLS and monolinguals had no psychological, auditory, or language deficits at the time of testing. Part of the assessed bilingual population (13 high-frequency language switchers and 6 low-frequency language switchers) were recruited from a cohort tested by Barbu et al. (2018). HFLS and LFLS were assigned to their corresponding groups according to their language-switching frequency rates provided by means of a language questionnaire. In order to assess language-switching frequencies, HFLS and LFLS were asked to rate and total the times they orally switched between languages on a weekly basis. This total number was divided by seven in order to establish participants' daily language-switching rates (total weekly language-switching rates divided by seven). In order to determine the effects of language-switching frequency on attentional and executive functioning, we selected only bilinguals with contrasting language-switching frequency rates: 30 HFLS switching orally between languages from 20 to 120 times on a regular daily basis (i.e., mean language-switching frequency:  $43.29 \pm 22.34$ ) and 21 LFLS switching orally between languages from 0 to 6 times per day (i.e., mean language-switching frequency:  $3.65 \pm 2.17$ ).

HFLS and LFLS were selected from a large pool of 68 French-German and German-French bilingual speakers that switched from 0 to 120 (mean frequency rate: 22 switches per day). The 17 remaining bilinguals who switched between 7 and 18 times per day were excluded from the analysis. HFLS and LFLS were not involved in professional activities requiring strong language-switching abilities (simultaneous



translators).

HFLS and LFLS had a high and similar level of L2 proficiency, as reported by self-rated L2 skills in speaking, reading, writing, and speech comprehension and by an assessment of receptive L2 vocabulary skills using an adaptation of the British Picture Vocabulary Test (BPVT) (Dunn, Dunn, Whetton, & Pintilie, 1982), a productive vocabulary measure (Cardebat, Doyen, Puel, Goulet & Joannette, 1990), and a general vocabulary knowledge measure, LexTALE (Lemhöfer & Broersma, 2012). All measures were adapted in French or German according to participants' L2. HFLS and LFLS used their L2 to a similar extent as shown by a self-estimated weekly L2 frequency of use and were matched in terms of L1-L2 language membership. More precisely, in the HFLS, 6 participants had French as their L1 and German as their L2 with the other 23 participants reporting a reversed profile. One participant reported both French and German as his L1. In the LFLS group, 6 participants had French as their L1 with the other 15 participants exhibiting a reversed profile.

HFLS and LFLS were also matched in terms of L3 proficiency skills as shown by self-reported L3 proficiency skills in speaking, reading, writing and speech comprehension and by a self-reported weekly L3 frequency use. All three language groups (HFLS, LFLS and monolinguals) were matched in terms of L1 language proficiency levels as shown by self-reported L1 proficiency skills in speaking, reading, writing, and speech comprehension. The measures included an L1 receptive vocabulary measure, the Peabody Picture Test (Dunn et al., 1982); an L1 productive vocabulary measure (Cardebat et al. 1990), and a L1 general vocabulary knowledge measure, LexTALE (Lemhöfer & Broersma, 2012). All measures were adapted in French or German according to participants' L1. These groups used their L1 to a similar extent on a regular daily basis as shown by self-reported weekly L1 frequency of use.

The high-frequency language group (HFLS) was composed of 24 women and 6 men ranging between 18 and 39 years ( $M=25.73$ ;  $SD= 6.08$ ). In this group, 23 participants spoke German as their first language and French as their L2. Six participants used French as their L1 and German as their L2 and 1 reported having French and German as L1. HFLS mastered various L3 including English (25), Dutch (3) and Spanish (1). One participant reported having no L3 language knowledge.

The low-frequency language group (LFLS) was composed of 19 women and 2 men

ranging in age between 19 and 44 years ( $M=24.90$ ;  $SD= 6.65$ ). In this group, 15 participants spoke German as their L1 and French as their L2. Six participants used French as their L1 and German as their L2. Participants mastered several L3 including English (20) and Dutch (1).

The monolingual group consisted of 24 women and 5 men ranging in age from 20 to 44 years ( $M=27.66$ ;  $SD=7.14$ ). Monolinguals listed French as their L1 most mastered and the language used at the time of testing as revealed by self-rated L1 skills in speaking, reading, writing, and speech comprehension. They also self-rated weekly L1 frequency of use, and by an assessment of receptive L1 vocabulary skills via the BPVT test adapted to French (Dunn et al., 1982). Monolinguals' L1 proficiency skills were also assessed using a productive vocabulary measure (Cardebat et al. 1990) and a general vocabulary measure, LexTALE (Brysbaert, 2013), both adapted to French. These participants also mastered an L2 (English), although to a low level and were rarely using this language as indicated by an English receptive vocabulary measure, the BPVT (Dunn et al., 1982) and by a self-reported weekly L2 frequency use. In order to assess subjects with homogenous language pairs, we selected only monolinguals with French as L1 and English as L2. These subjects were considered monolinguals provided that they rated themselves as having a maximum basic English oral productive level on self-reporting oral productive Likert scales and scored at least  $-3SD$  on the BPVT test.

## **2.2. General control and language measures**

### **2.2.1. General control measures**

#### **Sports, music, video game practice, socioeconomic status and nonverbal intelligence skills**

Given that intensive sport, music practice, video gaming and socioeconomic status (SES) have also been shown to enhance attentional and executive functioning (e.g., Zuk, Benjamin, Kenyon, & Gaab, 2014; Castel, Pratt, & Drummond, 2005; da Rosa Piccolo, Arteche, Fonseca, Grassi-Oliveira, & Salles, 2016; Verburch, Scherder, van Lange & Oosterlaan, 2014), we controlled for these factors. Sports, music practice, and video gaming were assessed by asking participants to estimate their weekly practice time. Subjects declared practicing intensive sport, music, or video gaming less than two hours per week. In order to determine participants' SES levels, they were

asked to rate the total number of years of study they completed since first grade.

**Nonverbal intelligence** skills were assessed by using Ravens' Progressive Matrices (Raven, Court & Raven, 1982). In this task, participants were required to identify which one of a series of proposed segments best completed a large visual-spatial pattern. Participants were given a maximum of 20 minutes time to perform the task. The total correct responses were recorded and used in the analysis.

### 2.2.2. Language measures

**Receptive vocabulary** skills were measured by using different versions of the Peabody test (Dunn et al., 1982) adapted in German (Dunn & Dunn, 1997), French (Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 2003), and English (BPVT: Dunn et al., 1982). In all of the versions, participants were shown four images on a computer screen and asked to indicate the image that best corresponded with the word spoken by the administrator. Items were ordered by increased levels of difficulty. Testing procedures were applied according to test instructions. The total correct responses were recorded as an indication of test performance. In order to assure the comparability of the different test versions, raw scores were converted into standard scores (z scores) and used in the analysis.

**Productive vocabulary** skills were assessed by using different versions of a verbal fluency task (Cardebat et al. 1990), adapted in French and German. A German version of the test adapted according to Tucha, Smely, Preier and Lange (2000) was specifically created for this study. The two French and German test versions were identical in terms of the total number of items proposed and the testing procedures: Participants were given two minutes and required to produce orally as many words as possible starting with a specific phoneme (P, R, V in French and B, M, L in German) or belonging to a specific semantic category (animals, fruits and furniture for both German and French versions). They were instructed to avoid giving proper nouns or items belonging to the same language family (ex: grandfather, grandpa, great grandfather). Total correct responses were recorded and introduced in the analysis.

**General vocabulary** skills were measured by a written lexical decision task (Lemhöfer & Broersma, 2012), adapted in French (LexTALE: Brysbaert, 2013), German, and English. Testing procedures were the same for all three test versions. These versions differed in terms of the total number of items proposed. During these tasks, written letter-sequences were presented to participants on paper. They were required to

identify only sequences corresponding to real words. A global accuracy score was established by calculating the mean percentage of correct responses for words and pseudo-words. This score was used in the analysis.

### **Self-estimated L1, L2, and L3 proficiency skills**

Participants' L1, L2, and L3 proficiency levels were assessed by using a 6-point Likert scale in speaking, reading, writing, and speech comprehension (from 1 = very low to 6 = very high) (language questionnaire, appendix 1).

### **2.3.3. Attentional and executive measures**

Different measures for alertness, cognitive flexibility and response inhibition skills were assessed from the Test of Attentional Performance battery (TAP) (Zimmermann & Fimm, 2009), a computerized battery used to evaluate different attentional aspects. A detailed description of the tasks employed is presented below:

**Alertness** skills were measured by using the alertness subtest of the TAP battery. Participants were required to press a key response as fast as possible when a visual stimulus (an "x" sign) appeared in the center of the computer screen. The task consists of 20 trials from which the first two were dummies. Reaction times and aberrant responses or errors (=RT superior to mean + 2.35 x standard deviation) were recorded.

**Response inhibition** was measured using the go/nogo subtest from the TAP battery. Participants were asked to press a key response as quickly as possible when an "x" sign appeared in the middle of the computer screen and to withhold their answer when a "+" sign was present. The tasks included 40 trials (20 targets « x » and 20 distractors « + »). Each stimulus (distractor or target) was presented for maximum 200 milliseconds. Reaction times and errors were recorded.

**Cognitive flexibility** skills were measured using the cognitive flexibility subtest of the TAP battery. In this task, a pair of stimuli (a letter and a number) appearing random on the right or left side of the computer screen. Participants were required to determine (by pressing a right or left response key) the position (right or left) of a target item (either letter or number) and then to alternate between the two. First, participants were asked to respond according to the position of the letter, and then

for the position of the number and so forth. The position of the target stimulus could not be foreseen. Acoustic feedback was given when errors were made. The task was comprised of a total of 100 items and lasted approximately 3.5 minutes. Reaction times and errors were recorded.

## **2.4. General procedures**

All participants were tested in French in an individual session, which lasted from three to four hours (depending on their speed of task resolution). Testing began with the administration of L2 proficiency tasks (receptive, productive, and general knowledge tasks). The testing session continued with the application of the attentional and executive tasks from the TAP battery, followed by the L1 and L3 proficiency tasks, (receptive, productive, general knowledge tasks) and nonverbal intelligence tasks. Participants were seated at a comfortable distance from the computer screen. The background questionnaire was completed at the end of the testing session.

## **2.5. Statistical procedures**

Participant performance was compared by using different independent sample T-tests, ANOVAs and Bayesian ANOVAs. An additional chi-square test was also employed in order to compare the three language groups by gender.

Bayesian ANOVAs were used given current critiques regarding inferential statistics related to p-values, confidence intervals, and null hypotheses (Wagenmakers, 2007; Wagenmakers et al., 2015). This type of analysis is based on the comparison of two competing models, i.e., the null and the alternative model. The null model stipulates that only a null value may be possible (no group effect exists) while the alternative model argues that an alternative model may be accepted (group effects exist).

Bayesian inference is based on the computation of the most probable model given data from the Bayes factor. Despite no clear consensus, a Bayes factor of 1 has been suggested to reflect no evidence, between 1 and 3 anecdotal evidence, and between 3 and 10 substantial evidence (Lee & Wagenmakers, 2014).

### 3. Results

#### 3.1. Language and general control measures

Different general control variables were assessed to ensure the comparability of the three tested language groups (HFLS, LFLS, and monolinguals). These variables included age, nonverbal intelligence skills, SES, L1 and L2 receptive vocabulary skills, L1 and L2 productive vocabulary skills, L1 and L2 general vocabulary skills, self-estimated L1 and L2 proficiency skills, as well as L1 and L2 frequency language use. HFLS and LFLS were additionally assessed in terms of self-estimated L3 proficiency levels and daily self-estimated language frequency L3 use.

The ANOVAs showed no group effects on age ( $F(2,77) = 1.17, p = 0.31$ ), video game practice ( $F(2,77) = 1.01, p = 0.36$ ), SES level ( $F(2,77) = 0.12, p = 0.88$ ), nonverbal intelligence skills ( $F(2,77) = 1.53, p = 0.22$ ), L1 receptive vocabulary skills ( $F(2) = 1.81, p = 0.16$ ), L1 productive vocabulary skills ( $F(2,77) = 0.64, p = 0.52$ ), L1 general vocabulary skills (LexTALE) ( $F(2,77) = 0.14, p = 0.86$ ), or L1 self-estimated levels of proficiency ( $F(2,77) = 1.77, p = 0.17$ ). Chi-square tests also revealed no significant group difference in terms of gender,  $\chi^2(2) = 1.02, p = 0.59$ . T-tests showed no significant group difference between HFLS and LFLS in terms of L2 receptive vocabulary skills,  $t(49) = -0.34, p = 0.73$ . L2 productive vocabulary skills,  $t(49) = 0.66, p = 0.51$ , L2 general vocabulary skills (LexTALE),  $t(49) = 1.43, p = 0.15$ , L2 self-estimated level of proficiency,  $t(49) = 1.52, p = 0.13$ , L1 frequency of use,  $t(49) = -0.23, p = 0.81$  and L2 frequency of use,  $t(49) = 0.21, p = 0.83$ . Results also showed no significant group difference between HFLS and LFLS in terms of L3 self-estimated level of proficiency,  $t(49) = -1.20, p = 0.23$ , and L3 frequency of use,  $t(49) = -0.04, p = 0.96$ . Descriptive statistics are presented in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics in age, video-game practice, nonverbal intelligence, SES, L1, L2 and L3 receptive and productive vocabulary and general knowledge skills, as well as L1, L2 and L3 frequency of use

	High-frequency switchers N=30	Low-frequency switchers N=21	Monolinguals
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Age (years)	25.73 (6.08)	24.90 (6.65)	27.66 (7.14)
Sociocultural status (years of education)	15.63 (2.78)	15.38 (2.97)	15.34 (1.04)
Nonverbal intelligence (60/60)	52.13 (3.35)	52.05 (3.82)	50.24 (5.93)
Video game practice (hours week)	0.43 (1.01)	0.19 (0.60)	0.17 (0.53)
L1 receptive vocabulary skills (z scores)	0.89 (0.36)	0.97 (0.32)	1.05 (0.26)
L1 productive vocabulary skills (total correct responses)	144.3 (26.46)	149.8 (23.16)	141.6 (25.98)
L1 general vocabulary skills (%) (LexTALE)	88.46 (6.06)	88.80 (8.08)	87.18 (16.83)
L1 self-estimated proficiency level (24/24)	23.00 (2.03)	23 (1.26)	22.17 (2.08)
L1 daily self-estimated frequency use	57.08 (22.39)	58.74 (28.96)	99.64 (1.44)

(%)			
L2 receptive vocabulary skills (z scores)	0.48 (0.52)	0.53 (0.54)	-4.09 (1.28)
L2 productive vocabulary skills (total correct responses)	117.7 (33.49)	112.1 (22.75)	141.6 (25.98)
L2 general vocabulary skills (%)	81.79 (8.95)	78.33 (7.67)	64.14 (6.37)
L2 self-estimated proficiency level (24/24)	21.00 (2.77)	19.81 (2.69)	9.27 (2.61)
L2 daily self-estimated frequency use (%)	36.64 (19.68)	35.25 (27.13)	0.35 (1.44)
L3 self-estimated proficiency level (24/24)	15.10 (4.58)	16.45 (2.82)	
L3 daily self-estimated frequency use (%)	5.77 (10.57)	5.89 (7.90)	

### 3.2. Experimental measures

A series of ANOVAs (Love et al., 2015; <https://jasp-stats.org/>) conducted on accuracy responses revealed no significant group differences on the alertness task ( $F(2,77) = 1.51, p = 0.22$ ; mean for low-switching bilinguals: 0.42; SD: 0.50; range for low-switching bilinguals: 0–1 errors per 18 items; mean for high-switching bilinguals: 0.66; SD: 0.47; range for high-switching bilinguals: 0–1 errors per 18 items; mean for monolinguals: 0.51; SD: 0.50; range for monolinguals: 0–1 errors per 18 items). For this task, the Bayes factor was only 0.35 for errors.

The response inhibition task showed no significant differences: ( $F(2,77) = 2.49, p =$



0.09; mean for low-switching bilinguals: 0.52; SD: 0.87; range for low-switching bilinguals: 0–3 errors per 20 items; mean for high-switching bilinguals: 0.96; SD: 0.99; range for high-switching bilinguals: 0–4 errors per 20 items; mean for monolinguals: 0.48; SD: 0.82; range for monolinguals: 0–3 errors per 20 items). For this task, the Bayes factor was only 0.77 for error rates.

No significant differences were determined on the cognitive flexibility task: ( $F(2,77) = 0.57, p = 0.56$ ; mean for low-switching bilinguals: 2.52; SD: 3.76; range for low-switching bilinguals: 0–17 errors per 100 items; mean for high-switching bilinguals: 2.13; SD: 1.96; range for high-switching bilinguals: 0–6 errors per 100 items; mean for monolinguals: 1.75; SD: 1.78; range for monolinguals: 0–7 errors per 100 items). Concerning errors made on this task, the Bayesian analysis showed that the alternative model was only 0.17.

For the cognitive flexibility task, the ANOVA analysis carried on response speed revealed a significant group effect ( $F(2,77) = 5.94, p = 0.00$ ). Further post-hoc comparisons (Tukey Correction) showed that HFLS exhibited a faster response speed as compared to LFLS and monolinguals (HFLS vs. LFLS:  $t(49) = -3.25, p = 0.00, d = -1.00$ ; HFLS vs. monolinguals:  $t(48) = -2.48, p = 0.04, d = -0.65$ ). However, no significant group difference was observed between LFLS and monolinguals in this respect:  $t(48) = 0.97, p = 0.59$ ). No significant speed-accuracy trade-off was observed between response speed and error rates as shown by a correlation analysis conducted between the two ( $r=0.20; p=0.07$ ). This result was also confirmed by Bayesian correlations, which showed that the alternative model (supporting a significant correlation between response speed and error rates) was only 0.68 ( $r=0.20; BF_{10}=0.68$ ).

For the cognitive flexibility task, the Bayesian factor on response speed revealed that alternative models that included a group effect were over 10 times more likely than the null model to include no group effect ( $BF_{10}=10.11$ ). A post-hoc test revealed that for the model that included a significant group difference between HFLS and LFLS was over 33 times more likely as compared to the null model including no group difference ( $BF_{10}=33.49$ ). As to differences between HFLS and monolinguals, the alternative model was over 3 times more likely as compared to the null model comprising no group difference ( $BF_{10}=3.37$ ). The alternative model, however, did not support a significant group difference between LFLS and monolinguals ( $BF_{10}=0.39$ ). Moreover, the null model (sustaining no group difference) for this task was 0.09.

Concerning the alertness task, the ANOVA revealed no significant group effects on response speed ( $F(2,77) = 0.44, p = 0.64$ ). For this task, the Bayes factor was only 0.15 for response speed. Moreover, the null model (supporting no group difference) for this task was 6.45. A similar pattern was also observed for the response inhibition task, with no significant group effect on response speed ( $F(2,77) = 0.74, p = 0.47$ ). For this task, the Bayes factor for the alternative model (supporting a group difference) was only 0.19 for response speed. Moreover, the null model (sustaining no group difference) for this task was 5.14.

These results seem to confirm that oral language-switching frequency does have a positive effect on cognitive flexibility skills in proficient bilingual adults. These findings, however, offer no significant evidence for a positive effect of oral language-switching frequency on alertness and response inhibition. Descriptive statistics, mean comparisons using inferential and Bayesian statistics for measures of alertness, response inhibition, and cognitive flexibility (reaction times in milliseconds, and errors) are presented in Table 2.

Table 2. Descriptive statistics, mean comparisons by using inferential and Bayesian statistics in measures of alertness, response inhibition and cognitive flexibility (reaction times in milliseconds and errors)

	High-frequency switchers N=30	Low-frequency switchers N=21	Monolinguals N=29	Inferential statistics		Bayesian statistics			
				Group effects <i>p</i>	Chi-squared test	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)	BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)						
Alertness RT (msec)	238.6 (28.56)	248.3 (48.31)	239.4 (40.12)	0.64	0.01	0.155	0.028	6.458	0.028
Alertness Errors (max=18)	0.66 (0.47)	0.42 (0.50)	0.51 (0.50)	0.22	0.03	0.354	0.035	2.823	0.035
Response inhibition RT (msec)	383.9 (65.44)	405.7 (70.42)	390.1 (55.16)	0.47	0.01	0.194	0.030	5.144	0.030
Response inhibition Errors (max=20)	0.96 (0.99)	0.52 (0.87)	0.48 (0.82)	0.09	0.01	0.773	0.023	1.294	0.023
Cognitive flexibility RT (msec)	531.3 (104.3)	645.1 (125.2)	610.82 (138.3)	0.00	0.13	10.110	0.016	0.099	0.016
Cognitive flexibility Errors (max=100)	2.13 (1.96)	2.52 (3.76)	1.75 (1.78)	0.56	0.01	0.171	0.028	5.859	0.028

## 4. Discussion

Barbu et al. (2018) have recently attempted to assess the effect of language-switching frequency on attentional and executive functioning (alertness, response inhibition, and cognitive flexibility) in proficient bilinguals. Their results revealed a small positive group difference ( $p=0.03$ ) with high-language switchers exhibiting faster responses as compared to low-frequency language switchers on a cognitive flexibility task. However, no significant group differences were observed on tasks assessing alertness or response inhibition. The authors suggested that these results might be explained by the fact that the tasks used to assess these skills did not require a behavior similar to language switching, i.e., switching between mental sets. The small group difference observed on the cognitive flexibility task might be attributed to the different language backgrounds (different types of L1-L2 pairs) of HFLS and LFLS bilinguals tested.

The aim of the present study was to replicate Barbu et al.'s (2018) study by assessing bilingual HFLS and LFLS adults with homogenous language backgrounds, i.e., German and French speaking bilinguals, and to compare the performance of these two groups to the monolingual control group to determine if bilingualism in itself might explain the observed outcomes.

The results of the present study revealed that HFLS showed faster responses as compared to LFLS and monolinguals on the cognitive flexibility task. No significant group difference was observed, however, in this respect between LFLS and monolinguals. No significant group differences were seen between HFLS and LFLS and monolinguals on tasks assessing alertness and response inhibition. The present results replicate Barbu et al.'s (2018) and Prior and Gollan's (2011) findings showing that language-switching frequency has a positive effect on general switching or cognitive flexibility skills. This outcome might be explained by the fact that the cognitive flexibility task used to assess these skills requires switching skills or the ability to shift between different items or mental sets and to classify items according to their specific abstract category (letter and number in the present case). This process is similar to language switching in which constant toggling between language sets and item categorizations is required. Language-switching frequency, rather than bilingualism per se, seems to explain the significant group advantage observed in high-frequency switchers as compared to low-frequency switchers on the cognitive flexibility task given that these groups were comparable on language proficiency and frequency of

use (L1, L2 and L2 proficiency levels and frequencies of use). If this advantage were caused by bilingualism as such and not by language-switching frequency, low-frequency bilingual switchers would have outperformed monolinguals on the cognitive flexibility task, which was not the case. Globally, these results suggest that language-switching frequency and not bilingualism per se might be a specific underlying factor in cognitive flexibility skills in proficient bilinguals.

Concerning the lack of differences between groups in tasks assessing alertness and response inhibition, other studies (e.g., Fernandez et al., 2014; Moreno, Wodniecka, Tays, Alain, & Bialystok, 2014) have also shown similar patterns, i.e., no behavioral difference between bilinguals and monolingual adults in tasks assessing response inhibition. This lack of group difference has been interpreted as a low cognitive demand used in the tasks that assess these skills (e.g., Moreno et al., 2014). The present results follow the same rationale. The tasks used to address alertness and response inhibition were potentially not cognitively demanding enough for any group differences to be detected. In order to further explore these findings, future studies should apply more sensitive and complex tasks to assess attentional and executive functioning. Moreover, future studies should also use more precise techniques such as event-related brain techniques (ERPs) in order to assess these skills. These techniques provide an excellent measure for studying natural language behavior without the intervention of any additional tasks and assure a high-temporal resolution needed to determine which aspects of processing may be affected by language switching. ERPs may, therefore, represent a more reliable measure to assess the effects of language-switching frequency on attentional and executive functioning in proficient bilinguals.

In conclusion, the results of the present study seem to confirm that language-switching frequency represents an underlying factor of the improved cognitive flexibility skills in proficient bilingual adults. These findings highlight the importance of taking into account this linguistic factor in bilingual research.

Considering the lack of between group differences in tasks assessing alertness and response skills, future research should further investigate these findings by using more sensitive and complex cognitive tasks destined to assess these skills.

### **Etude 3. Cognitive Advantage in Children Enrolled in a Second-language Immersion Elementary School Program for One Year**

**Barbu, C., Gonzalez, A., Gillet, S., & Poncelet, M.**  
**Psychologica Belgica, 59(1), pp. 416–435**

#### ***Abstract***

Early bilingualism has been shown to improve attentional and executive functioning. Nicolay and Poncelet (2013a, 2015) have shown that an early immersion program in school of 3 years improves the completion of tasks assessing these skills. This study aimed to determine whether similar benefits might be present after only 1 year of immersion education. The study also observed whether these potential advantages might also have a positive effect on the academic achievement. Participants included 59 immersed children and 57 monolingual controls. The two groups were compared using the same tasks as those employed by Nicolay and Poncelet (2015). The immersed children showed faster responses in comparison to monolinguals on the selective auditory task. No significant differences were observed on the other attentional, executive, or academic tasks. These outcomes suggest that a period of immersion education as short as 1 year can yield cognitive advantages associated with bilingualism.

## 1. Introduction

A large number of studies have shown that early bilingualism acquired in the home or other community settings enhances attentional and executive functioning (for a review see Bialystok, 2011; Bialystok, 2015). These advantages have been observed particularly on tasks requiring conflict resolution and monitoring skills and in different age-grouped populations, such as toddlers, children, young adults, and even older adults. In children, these skills have been measured using different tasks, such as the Attention Network Test for children (ANT; Fan et al., 2002), the Dimensional Change Card Sort (DCCS; Zelazo, 2006), and the Simon task (Simon & Wolf, 1963). The advantages observed in these tasks have been attributed to the bilingual's ability to monitor the use of both languages and to inhibit second language (L2) intrusions from the non-target language. More recent findings, however, exhibit contradictory results that revealed null, mixed, or even negative effects (Duñabeitia et al., 2014; Lehtonen et al. 2018 ; Paap, 2015; Paap & Greenberg, 2013; Paap, Johnson, & Sawi, 2014; Paap, Johnson & Sawi, 2015; Paap & Sawi, 2016; Valian, 2015). These studies suggest that there are no convincing arguments that would favor the existence of a positive effect of bilingualism on executive functioning and claim that the observed advantages could actually be attributed to other factors, including socio-economic status, video games, music practice, L2 proficiency or L2 onset age (AoA), or language-switching frequency. These factors would account for the inconsistent results observed in the current literature (Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008; Dong, 2015; Hackman et al., 2015).

Besides studies having investigated cognitive advantages of early bilingualism acquired in the home or other community settings, further studies were interested in examining potential cognitive advantages in children learning an L2 at school using teaching programs, such as the "Content and language – Integrated learning method" (CLIL) (Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kalashnikova & Mattock, 2014; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Poarch & van Hell, 2012; Simonis, Van der Linden, Galand, Hiligsmann, & Szmalec, 2019; Woumans, Surmont, & Struys, 2016). One of the key characteristics of the CLIL program is that L2 is not taught as a foreign language. Instead, it is used to teach other academic subjects. Moreover, L2 English classes are taught either by L2 native-like teachers or by individuals with equivalent native-like L2 mastery (Comblain & Rondal, 2001). Since its development in the beginning of 1960s in Canada, the number of schools (in different countries around the world) implementing a CLIL program has

increased dramatically (Bjorklund, 1997; O Duibhir, 2009). The CLIL method is of particular interest in bilingual research because it offers the opportunity to assess cognitive L2 effects under particularly homogenous learning conditions. In this program, children enter without any L2 knowledge, receive the same type and quantity of L2 input, and are exposed to similar L2 learning conditions. However, the studies carried out with immersed children, as those conducted on early bilinguals, have yielded divergent results. Some have exhibited a positive effect of the L2 acquired through an early immersive education, while others did not.

First, Nicolay and Poncelet (2013a) found that an L2 acquired through an early immersion education program enhances the development of executive functioning. In this study, the authors compared the performance of two groups of 8-year old children (French-speaking monolinguals) and children enrolled in a 3-year English L2 immersion school program (who were exposed to an L2 only in a school setting) on a series of tasks assessing alerting, divided attention, selective auditory attention, response inhibition, and cognitive flexibility. Immersed and monolingual children were matched in terms of verbal and non-verbal intelligence skills and socio-economic status (SES). The results revealed that immersed children were faster in comparison to monolinguals for all attentional and executive tasks tested, except for the response inhibition task. The authors argued that these attentional and executive processes are highly used and trained when learning an L2. Therefore, they developed during the initial stages of L2 learning. More specifically, alerting skills are needed because children are in a continuous readiness state to process an L2. Selective attention skills are also needed in order to understand and treat L2 linguistic input in class when speaking a language in which the student is not yet automatized or fluent. Furthermore, divided attention skills are also required in order to simultaneously treat L2 auditory and visual information presented in class. Finally, flexibility skills are also used in situations in which children are required to switch from one language to another. Concerning the lack of between-group differences for response inhibition, the authors argued that, compared to balanced bilinguals (who need to exercise continuous control in order to prevent interference from the undesired language over their two constantly activated languages), immersed children are still unbalanced bilinguals and therefore less exposed to L2 production situations in which inhibitory skills might be trained. Moreover, a complementary explanation for the observed results concerns specific aspects related to classroom contexts in which L2 is acquired. In comparison to early bilingual children exposed to both languages at home where constant oral interactions are possible, immersed children might not be frequently

exposed to classroom situations in which L2 speaking is needed. This is because, in these settings, there is usually only one teacher for at least 20 pupils, and speaking interactions tend to be fewer compared to persistent one-on-one interactions at home. In a follow-up longitudinal study, Nicolay & Poncelet (2015) controlled for potential differences in attentional and executive functioning prior to enrollment in the immersion program. In this study, French-speaking immersed and monolingual children were tested at the beginning of third kindergarten and at the end of third grade by assessing attentional and executive tasks (except for the response inhibition task) employed by Nicolay and Poncelet (2013a). The results revealed similar findings as the ones observed by Poncelet and Nicolay (2013a), confirming that L2 acquired through an early English immersion program for 3 years enhanced alerting, selective auditory, divided attention, and cognitive flexibility skills. An important aspect to consider for is that Nicolay and Poncelet (2015) replicated their initial findings by using the same experimental design as Nicolay and Poncelet (2013a). Other studies (such as those by Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kalashnikova & Mattock, 2014; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014; Poarch & van Hell, 2012; Woumans, Surmont, & Struys, 2016) have, however, used different tasks in order to assess attentional and executive functioning. This diversity might be a factor explaining the observed non-significant results, which was suggested by related studies (Paap & Greenberg, 2013; Paap, Johnson, & Sawi, 2014; but see Simonis, 2019, non-published doctoral thesis, chapter 5). The aim of the present study was to determine whether the positive attentional and executive effects (alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility) observed following 3 years of early immersion education in English might also be observed after only 1 year of immersion education. In order to control for potential confounding within-task factors, the present study employed only attentional and executive measures for which advantages have been shown (Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015).

Bialystok and Barac (2012) also found that an L2 acquired through early immersion education has a positive impact on the development of executive (conflict resolution) skills. More specifically, the authors conducted two studies in which they assessed two cohorts of children (grades 2 and 3 for study 1 and grades 2 and 5 for study 2) during the process of learning an L2 in early immersion programs. The subjects had different language backgrounds and language proficiency levels (acquired through the immersion program), and they were immersed in either Hebrew (Study 1) or French (Study 2). They also differed in terms of the length of time spent in the immersion program. Both groups were administered a series of tasks



assessing metalinguistic awareness and conflict resolution skills. The results revealed that performance on the conflict resolution task (flanker effect: incongruent RT - congruent RT) positively correlated with the length of time spent within the immersion program. These results seem to suggest that enhanced conflict resolution skills are directly related to the duration of time spent in an immersion program.

In line with these results, Kalashnikova and Mattock (2014) have also shown that early immersion education improves conflict resolution skills. In this study, the performance of 3- to 6-year-old English-speaking monolinguals and English-speaking kindergarteners attending an L2 immersion program in Welsh was compared on the DCCS task. For the immersed group, Welsh used during 75% of the class. English was spoken the rest of the time. The onset age of L2 acquisition differed within the immersed group. More specifically, the younger children (maximum 6 years of age) were exposed to Welsh over 8 months, and for the older children, this exposure lasted for over 20 months. An important factor that should be considered concerns the languages used by the immersed group within the linguistic community. More precisely, the immersed children were living in a bilingual community in which both languages (English and Welsh) were constantly used. This L2 learning environment is very different from the one of a CLIL program in which children are exposed to an L2 only at school. In this context, the immersed group was exposed to the L2 not only within the immersion program, but also beginning from birth or shortly after. This group therefore more frequently encountered situations requiring L2 processing. This supplementary exposure to an L2 may imply an increased recruitment and training of inhibitory skills (inhibition of L2 lexical intrusions). Therefore, this might have contributed to the advantages observed among the immersed children for the conflict resolution task. This advantage was attributed to the constant need and training of immersed children to control the use of the two linguistic systems. In order to speak the target language, one of the languages has to be inhibited for the other to be successfully employed.

In contrast to these studies, Woumans et al. (2016) did not identify a positive effect of early immersion education on conflict resolution skills. Nevertheless, these authors did show that an L2 acquired through early immersion programs enhances non-verbal intelligence skills. During this longitudinal study, two groups of 5-year-old French-speaking children (i.e., subjects immersed in Dutch) and monolingual control peers were matched at the end of 3<sup>rd</sup> kindergarten (prior to entering in the immersion program) for tasks assessing conflict resolution (or interference inhibition), non-verbal intelligence, SES, and verbal fluency skills. Subjects were tested again using the same

tasks after 1 year of immersion education at the end of the first grade. The results revealed a significant positive group effect (more correct responses) with immersed children outperforming monolinguals on a non-verbal intelligence task, but not on one assessing conflict resolution skills. The authors suggested that a short exposure to an L2 in the context of an early immersion program might not be sufficient for the emergence of cognitive advantages relating to executive skills. The positive effect observed on the non-verbal intelligence task was attributed to an improved ability of immersed children to perform analytical reasoning and abstract thinking.

These results partially replicate those of other authors (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014; Poarch & van Hell, 2012), who observed that different age ranges of children (from 5- to 7-year-olds) with different language backgrounds immersed in early immersion programs for 6 months to 2 years only within school contexts do not exhibit a cognitive advantage on tasks assessing executive skills (response inhibition, conflict resolution, updating, working memory, and task shifting) when compared to monolingual counterparts. The general explanation provided by such authors (Carlson & Meltzoff, 2008) is similar: a short exposure to an L2 in the context of an early immersion program might not be sufficient to detect cognitive gains related to tasks assessing executive functioning. In this vein, Simonis, Van der Linden, Galand, Hiligsmann, & Szmalec (2019) also failed to find a positive effect of L2 early immersion education on attentional and executive functioning. During this study the authors compared a total sample of more than 500 French-speaking students from Belgium, such as 10 year-old children and 16-year adolescents immersed in English or Dutch for over four years and two groups of monolingual counterparts on different executive control tasks assessing inhibitory control (or interference inhibition), monitoring, switching (or cognitive flexibility skills), and attentional skills. These groups were matched on different control variables including non-verbal intelligence skills and SES levels. Results revealed no significant group differences in neither attentional nor executive task used. Outcomes were attributed to different factors, including insufficient language switching or involvement of immersed children in classroom situations requiring L2 production situations and therefore training of executive control skills. These results however do not align with those of studies suggesting that the degree and length of exposure to an L2 in the context of the immersion program might influence the development of different attentional and/or executive skills (Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Poarch & van Hell, 2012). It might be that attentional and executive benefits produced by an L2 immersion education would

be observed only during the first phases of the L2 immersion program in which the new L2 requires important attentional resources in order to be treated. In later stages of the L2 acquisition process, L2 might become too automatic as to involve further recruitment and therefore training of attentional and executive skills.

As previously suggested by Nicolay and Poncelet (2013a, 2015), we further predicted that attentional and executive functioning (i.e., alerting, selective, divided attention, and cognitive flexibility) might also be required and, therefore, trained during the first year of the immersion program. Alerting skills might be needed in order to process new or newly acquired L2 information, such as when trying to monitor and understand novel or closely novel L2 information in class. Selective auditory attention might also be required in order to understand new L2 auditory information given by teachers. Divided attention skills might also be involved in situations in which children have to simultaneously pay attention to auditory and visual information (such as when listening to the explanations of the teacher when a new concept is explained orally and visually on the blackboard). Moreover, cognitive flexibility skills might also be solicited in situations in which children are required to switch actively or passively from one language to another between courses taught in only one of the two languages. Consider, however, that for certain schools, weekly courses were given only in one of the two languages (L1 or L2: French or English) with the other language being used the following week. Children enrolled in these schools were therefore not intensively exposed to frequent language switching for training and therefore improving their cognitive flexibility skills.

Besides being associated with bilingualism, improved executive functioning has been shown to predict academic success (e.g., Diamond & Ling, 2016). More specifically, working memory, inhibition, and shifting or cognitive flexibility have been shown to independently predict math and reading skills from early school years through university years (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Cragg & Gilmore, 2014; Cragg et al., 2017; Friso-van den Bos et al., 2013). Cognitive flexibility skills, for instance, are related to arithmetic calculation skills (as assessed by multiple written Arabic digit operations or tasks involving problem-solving). These skills are needed in order to successfully switch among operations, applications strategies, quantity ranges, different types of notations (verbal digits, written Arabic symbols, and nonsymbolic quantity representations), and different stages of a multi-step problem (Bull & Lee, 2014). However, similar findings have not been replicated by other studies. Monette, Bigras and Guay (2011) for instance, observed no correlations between cognitive flexibility skills and mathematics outcomes. These findings indicate that the

relationship between improved cognitive flexibility skills and mathematical achievement is not as robust as initially thought, and this needs further investigation.

Recent findings have showed that L2 acquired via an L2 immersion education has a positive effect on academic achievement (as measured by mathematical skills) (Fleckenstein et al., 2019). In this study, German-speaking children following an English CLIL program for 4 years, exhibit better mathematical performance (EMAT; Deutscher Mathematiktest; Göllitz, Roick, & Hasselhorn, 2006) after 1, 2, 3, and 4 years of immersion education as compared to monolinguals German-speaking counterparts comparable in SES and non-verbal reasoning skills. This advantage might be potentially attributed to a more enhanced attentional and executive functioning (alerting, selective auditory, divided attention and cognitive flexibility skills) improved via an L2 immersion education. Better attentional and executive functioning might interfere with the completion of the mathematical tasks proposed and might positively influence performance. During the present study, we tested this hypothesis by trying to establish whether attentional and executive advantages (alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility) produced by an L2 immersion education might also positively affect academic performance (as measured by arithmetic assessment). Despite studies showing that different executive skills (i.e., updating, inhibition, and cognitive flexibility) are related to improved mathematical achievement, no study to date has determined whether or not potential cognitive advantages engendered by an L2 acquired through early immersion programs observed in tasks assessing alerting, selective auditory, divided attention and cognitive flexibility skills might also have a positive indirect effect on arithmetic calculation skills. This will be a subsequent aim of the present study. We hypothesized that L2 acquired through a formal one-year CLIL program might have a positive indirect effect on academic achievement based on findings showing that better executive functioning is directly related to bilingualism, but also seem to predict academic success. (Diamond & Ling, 2016). By extension, positive effects of bilingualism on attentional and executive functioning might also indirectly improve academic achievement. Arithmetic abilities were measured in the present study using one-digit Arabic addition and subtraction operations (de Vos, 1992). We opted for these operations in order to avoid complex linguistic task demands, which might interfere with task performance.

## 2. Methods

### 2.1. Participants

A total of 116 8-year-old French-speaking children enrolled in first grade participated in the study. Participants were drawn from two language groups: 59 children (28 girls and 31 boys with a mean age of 79 months; range: 73–87 months) enrolled in an English immersion program since the age of 5 (the immersion group) and 57 monolinguals (30 girls and 27 boys with a mean age of 80 months; range: 73–87 months) following a traditional French-learning program (the monolingual group). Monolingual and immersed children spoke French as their native language. Certain participants (15 and 12 from the immersed and monolingual groups, respectively) had members of their families (grand-parents and/or parents and/or siblings) who used an L2 (or several other languages) outside of their home settings. However, these subjects had French as their mother tongue, spoke and were exposed to French only at home, and were not enrolled in extra-curriculum activities (including L2 courses) given an L2. Participants were recruited from different regions of the French-speaking community of Belgium. Immersion participants came from seven schools and monolinguals from 13 schools. In the immersion group, 30 children had 50% of their academic subjects taught in English, and French was spoken the rest of the time. The other 29 children from this group had 75% of academic subjects taught in English, while French was used for the rest of classes. The immersed group learned mathematical and literacy subjects in English (29), French (13), or both languages (17). A part of subjects tested during the present study (30 from a total of 59) were less exposed to their L2 (with 50% of school courses given in L2 during one year) as compared to subjects tested by Nicolay and Poncelet (2013a; 2015), who were all (N=53 for their 2013 study; N=51 for their 2015 study) exposed to 75% of school courses in L2 (English) over three years. Note also that the current Belgian system is designed in such a way that only a few schools propose L2 immersion programs (within the French-speaking community of Belgium) with a large exposition to L2 (75% school curricula given in L2). Given this aspect, it is challenging to recruit only subjects exposed to this increased rate of L2. Note also that according to information provided by certain schools weekly courses were given only in one of the two languages (L1 or L2: French or English) with the other language being used the following week.

Non-verbal intelligence skills are likely to influence general learning skills and vocabulary knowledge. French vocabulary knowledge is also likely to affect the development of conceptual abilities, which can influence L2 vocabulary acquisition.

Given these assumptions, we have controlled for these factors (non-verbal intelligence skills and French vocabulary knowledge). Moreover, based on previous findings showing that video games, music, and sports practices influence the development of executive functioning (Castel, Pratt, & Drummond, 2005; Best, 2010; Zuk et al., 2014), these different factors have likewise been accounted for. We also determined whether monolinguals and immersed French-speaking children had similar socio-economic status (SES), since SES has been shown to influence the development of executive functioning (da Rosa Picollo et al., 2016).

Immersed children and monolinguals were matched in terms of age, SES, gender, verbal and non-verbal intelligence, video games, music, and sports practice. Detailed outcomes are presented in the “Results” section. Written consent was obtained from parents so that children could participate in the study.

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Faculty of Psychology in Liège. We have informed parents of the aim of the study concerning testing conditions (number of testing sessions, location of the testing), assessed cognitive skills, and types of tests used for measurement or assessment. In addition, we provided them with information concerning data confidentiality and subjects’ rights to abandon the study or to be informed of the results.

## **2.2. Materials and procedures**

### **2.2.1. Preliminary measures**

#### **Background questionnaire**

A questionnaire (appendix 2) was also given to parents in order to gather information concerning the environment in which the children were living at the time of testing, in addition to their prior history concerning school doubling, SES levels (as indexed by diploma levels obtained of parents), sports, music and video game practice (h/week), general medical history (birth details, psychological, motor, attentional, visual, auditory, or language deficits), and information concerning general language knowledge (L1 and L2 languages used at home and in outdoor settings, as well as motivational reasons for learning an L2). Information gathered using the questionnaire revealed that the subjects had no prior history of school doubling, and they had no psychological, motor, attentional, visual, auditory, or language deficits at the time of testing.

Sports, music, and video game practice was measured by asking parents to

indicate the frequency with which children were engaged in weekly activities requiring sports, music, and video game practice during the past year. A 5-point Likert scale was used (0 = no practice; 1 = very little or little practice; 2 = mean practice; 3 = frequent practice; 4 = very frequent practice).

Parents' educational levels were indexed as a measure of the SES levels of the children. The two groups (French-speaking immersed and monolinguals) were divided according to the parents' educational level as reported in the questionnaire into "low" (no professional qualifications at all), "medium" (elementary school qualifications of up to 12 years of years of study), "high" (high qualifications of up to 15 years of study), and "very high" (superior qualifications of at least 17 years of study).

### **Non-verbal intelligence**

Non-verbal intelligence was assessed using Raven's Colored Progressive Matrices (Raven, Court, & Raven, 1998). Children were asked to identify (by pointing to a corresponding image) which one of six pattern segments would correspond at best to a missing segment of a visual-spatial pattern. Raw scores were measured and used for the analysis.

### **Receptive vocabulary knowledge**

French-receptive vocabulary knowledge was assessed by using L'Échelle de Vocabulaire en Images Peabody (Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993). Children were required to select (by pointing to the image) which of four line drawings corresponded to a word spoken by the experimenter. The total number of correct responses was measured and introduced into the analysis.

### **English lexical development**

#### **English productive and receptive vocabulary knowledge**

English productive and receptive vocabulary knowledge acquired by the immersed children was measured using two tasks designed to assess these skills. Each measure included a total of 135 items. In the English productive task, children were

presented with a picture and asked to name pictures that were presented one by one in English. Items belonged to different categories, such as the human body, geometrical forms, weather forecasts, furniture, clothes, and so forth. If children were not familiar with the items, they were asked to name the picture in French. This procedure was used in order to ensure that they recognized the items. Minor misarticulations were counted as correct provided that the items were phonologically close to the target items. The 135 items used in the productive task were also employed in the receptive task. In this task, subjects were presented with 27 computer images containing five target items each and two distractors (one neutral and one phonologically close). Children were asked to identify the image corresponding to a word spoken in English. Items were presented through headphones. The oral production task was administered first, followed by the receptive version. Synonyms given for target items were considered correct. The total number of correct responses was calculated separately for each task and introduced into the analysis.

### **2.2.2. Experimental measures**

Alerting, selective attention, divided attention, and cognitive flexibility skills were measured with the Test for Attentional Performance in Children (KITAP – Zimmermann, Gondan, & Fimm, 2002), a computerized standardized battery destined to measure different aspects of attention.

#### **Alerting**

Alerting was assessed using the sub-test of the Kitap, “The Witch.” In this task, a witch appeared in the middle of the computer screen. Children were asked to press a response key as fast as possible when the stimulus (the witch) appeared. Reaction times were measured and analyzed.

#### **Selective auditory attention**

Selective auditory attention was measured using the sub-test of the KITAP, “The



Owls.” The Owls sub-test is primarily destined to assess divided attention skills. It includes a visual component and an auditory one (see below for the complete description of the divided attention task). An adaptation of this task was employed in order to assess selective auditory skills. Only the auditory component of this task was used. Participants were asked to press a response key as fast as possible only when they detected an irregularity in the sequence (two identical consecutive sounds). Reaction times and errors were assessed and analysed.

### **Divided attention**

Divided attention was assessed using the dual task sub-test of the KITAP, “The Owls.” This task was used as a dual measure in order to assess children’s ability to divide attentional resources between two visual and auditory stimuli. In this task, an owl closing its eyes from time to time (visual stimulus) and making squeaky and deep screeches sounds in alternation (auditory stimulus) appeared in the middle of the computer screen. Children were required to press a response key as fast as possible each time they detected an irregularity in the sound sequence (two identical consecutive sounds) and each time the owl closed his eyes. Reaction times and omissions were assessed and analyzed.

### **Cognitive flexibility**

Cognitive flexibility was measured using the sub-test of the KITAP “The Dragons house.” Two dragons (one green and one red) appeared simultaneously on the computer screen (each on one side). Participants were required to alternate as fast as possible between the two dragons by pressing a response key corresponding to the side of the screen where the stimulus was located. First, participants were asked to press the key side where the green dragon was, next the side where the red dragon was, and forth so. Acoustic feedback was given when errors were made. Reaction times and errors were assessed and analyzed.

## **Arithmetic skills**

Academic achievement was measured by assessing addition and subtraction calculation skills (de Vos, 1992). Children were presented with one sheet (containing one column of addition problems and one column of subtraction problems) and were asked to conduct a maximum number of possible calculations as fast as possible for each given column. Subjects were given 1 minute to solve each column. The total number of correct responses for each type of operation was calculated and analyzed.

### **2.3. General procedure**

Subjects were tested in their respective school between January–May. All tasks were administered in a fixed order in French during two individual sessions, which lasted approximately 1 hour each. As a comparison for the first testing session, the second session was conducted at an interval of 7 to 15 days.

During the first session, different skills were measured: alerting, selective auditory attention, non-verbal intelligence, and English vocabulary knowledge. During the second testing session, the following skills were assessed: divided attention, cognitive flexibility, receptive vocabulary knowledge, and arithmetic skills. Stimuli were presented on a laptop with a standard screen dimension. Children were seated at a comfortable distance from the computer screen.

### **2.4. Statistical procedure**

The performance of participants on the experimental measures was compared using *t*-tests (independent sample *t*-tests) and chi-squared tests. We also used Bayesian *t*-tests in order to control for biases related to the normal distribution of data, the null hypothesis, statistical power, or *p* values (Wagenmakers, 2007; Wagenmakers et al., 2015). This approach allows for a comparison of two models by reflecting a group effect compared to a null model in which no group effect is present using the Bayesian factor. This factor reflects the probability of occurrence for these two models. The level of significance of the Bayesian factor is not related to a threshold value as in inferential statistics. It is, however, generally acknowledged that a Bayesian factor greater than 3 is considered to be moderate evidence, a Bayesian

factor over 10 is strong evidence, and a Bayesian factor higher than 30 is considered to be very strong evidence (Lee & Wagenmakers, 2014).

### 3. Results

#### 3.1. Preliminary measures

Chi-square tests revealed that the two groups were similar in terms of gender,  $X^2(1) = 0.31, p = 0.57$ ; SES,  $X^2(3) = 3.13, p = 0.37$ . Chi-square tests also showed that immersed and monolinguals were comparable in terms of sports,  $X^2(4) = 3.80, p = 0.43$ ; music,  $X^2(3) = 1.64, p = 0.64$ ; and video game practice,  $X^2(4) = 0.88, p = 0.92$ . T-tests revealed no significant group differences in terms of age ( $t(114) = -0.90; p = 0.36$ ), receptive vocabulary knowledge ( $t(114) = -0.65; p = 0.51$ ), non-verbal intelligence ( $t(114) = 0.02; p = 0.97$ ). For the Bayesian *t*-tests, the results revealed that the Bayes factors for the alternative model (including a group effect) were only 0.28 for age, 0.24 for receptive vocabulary knowledge, and 0.19 for non-verbal intelligence. These results offer no significant evidence for a group difference in these different control measures. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics, as well as mean comparisons are presented in Table 1, 2 and 3.

Table 1. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics, as well as mean comparisons for age, receptive vocabulary knowledge (for a French-receptive vocabulary), and non-verbal intelligence.

			Inferential statistics		Bayesian statistics			
	Immersed N=59	Monolinguals N=57	T- Value	<i>p</i>	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)	BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)						
Age (months)	79.47 (3.67)	80.07 (3.42)	-0.90	0.36	0.28	0.004	3.51	0.004
French-receptive vocabulary (max = 170)	83.10 (12.51)	84.87 (16.39)	-0.65	0.51	0.24	0.001	4.17	0.001
Non-verbal intelligence (max = 36)	22.33 (4.40)	22.31 (4.48)	0.02	0.97	0.19	0.001	5.06	0.001

Table 2: Contingency table for video game, sport and music practice

	Video game practice $\chi^2 (4) = 0.88, p = 0.92$					Sport practice $\chi^2 (4) = 3.80, p = 0.43$					Music practice $\chi^2 (3) = 1.64, p = 0.65$				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
I	12	10	20	14	3	6	3	9	25	16	48	1	4	6	0
N	14	11	15	14	3	8	0	7	28	14	49	0	2	6	0

Legend: I = immersed; M = monolinguals; 0 = no practice; 1 = very little or little practice; 2 = mean practice; 3 = frequent practice; 4 = very frequent practice

Table 3: Contingency table for SES status

	SES status $\chi^2 (3) = 3.13, p = 0.37$			
	0	1	2	3
I	0	20	23	16
N	1	26	16	14

Legend: I = immersed; M = monolinguals; 0 = low (no professional qualifications at all); 1 = medium (elementary school qualifications of up to 12 years of years of study); 2 = high (high qualifications of up to 15 years of study); 3 = very high (superior qualifications of at least 17 years of study)

L2 lexical skills (English-productive and English-receptive vocabulary knowledge) acquired during the immersion program was also measured after 1 year of immersion education. This procedure was applied only for the immersed group in order to ensure that these subjects were successfully acquiring L2 vocabulary during the first year of the immersion program. The population examined in the present study acquired an L2 vocabulary level similar to the one obtained by children immersed for 1 year, who were tested in the study of Nicolay and Poncelet (2013b).

In terms of English-productive vocabulary knowledge, our subjects were able to produce orally between 11 and 103/135 correct items. As for their English-receptive

vocabulary skills, they were capable of recognizing between 42 and 130/135 items correctly. Descriptive statistics are presented in Table 4.

Table 4. Descriptive statistics for the immersion group for English vocabulary knowledge.

	Mean (SD)	Range
Productive English vocabulary knowledge (Max = 135)	40.69 (21.90)	11- 103
Receptive English vocabulary knowledge (Max = 135)	92.30 (22.50)	42- 130

During the English oral vocabulary task, children produced the target stimulus, a synonym, or the French word for the item when the item was unknown in English. Alternatively, they had no response. During the English-receptive vocabulary task, children named the image corresponding to the correct item or selected a random image when the item was unknown. Very few cases of phonological distractions (similar phonological items produced instead of the target items) were observed.

### 3.2. Experimental measures

#### Attentional and executive measures

A series of *t*-tests were conducted in order to compare the performance of immersed and monolingual groups in terms of reaction times, errors, and omission rates on measures of alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility. T-tests (Love et al., 2015; <https://jasp-stats.org/>) carried out on accuracy data revealed no significant group differences for the selective auditory attention task ( $p = 0.87$ ; range for immersed children : 0–20 errors; range for monolinguals: 0–22 errors; mean errors for immersed children :  $4.67 \pm 4.47$ ; mean errors for monolinguals:  $4.80 \pm 4.41$ ), for the divided attention task ( $p = 0.11$ ; range for immersed children: 0–21 omissions; range for monolinguals: 0–20 errors; mean

omissions for immersed children :  $5.20 \pm 4.81$ ; mean omissions for monolinguals:  $6.59 \pm 4.72$ ), or for the cognitive flexibility task ( $p = 0.16$ ; range for immersed children: 0–11 errors; range for monolinguals: 0–12 errors; mean errors for immersed children :  $3.61 \pm 2.83$ ; mean errors for monolinguals:  $4.33 \pm 2.68$ ). Moreover, we observed a no speed-accuracy trade-off for this later task as provided by a correlation analysis conducted between response speed and error rates ( $r = 0.08$ ;  $p = 0.36$ ). The  $t$ -tests revealed a significant group difference in terms of response speed for the selective auditory task,  $t(114) = -2.12$  ( $p = 0.03$ ) with immersed children performing faster in comparison to monolingual peers. However, no significant group differences were observed in terms of response speed on measures of alerting ( $t(114) = -0.17$ ;  $p = 0.86$ ), divided attention ( $t(114) = -0.41$ ;  $p = 0.67$ ), and cognitive flexibility ( $t(114) = 1.51$ ;  $p = 0.13$ ). These results were also confirmed by Bayesian  $t$ -tests, which revealed that the alternative model (including a group effect) for the selective auditory task was 2.9 times more likely than the null model (including no group effect). These results suggest that an early L2 immersion education of 1 year enhances selective auditory attention. As for the other attentional and executive tasks, the results revealed that the alternative model was only 0.22 for alerting, 0.27 for divided attention, and 0.08 for cognitive flexibility. Moreover, the null model (supporting no group difference) was 4.42 for alerting, 0.34 for selective auditory attention, 3.59 for divided attention, and 11.85 for cognitive flexibility. These findings offered a significant evidence for a positive effect of an L2 acquired through a 1-year early immersion program on selective auditory attention but not on alerting, divided attention, and cognitive flexibility.

We have also employed additional  $t$ -tests in order to establish if there were potential differences according to children's L2 degree of exposition (29 children had 75% of academic subjects given in L2, and 30 children had 50% of academic subjects given in L2). Results revealed no significant group differences in terms of children's degree of L2 exposure for either alerting ( $p=0.36$ ), selective auditory ( $p=0.85$ ), divided attention ( $p=0.95$ ), or cognitive flexibility skills ( $p=0.84$ ). This analysis was conducted after controlling for age, gender, SES status, gender, video game, sports and music practice, and non-verbal reasoning skills.

Descriptive inferential statistics, Bayesian statistics, and mean comparisons for measures of alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility are presented in Table 5.

Table 5. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics for measures of alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility

			Inferential statistics			Bayesian statistics			
	Immersed N=59	Monolinguals N=57	T- Value	$p$	Effect Size (Cohen's d)	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)	BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)							
Alerting (RT)	375.62 (91.06)	378.17 (67.05)	-0.17	0.86	0.00	0.22	~ 0.021	4.42	~ 0.021
Auditory attention (RT)	817.20 (141.93)	875.36 (152.49)	-2.12	0.03*	0.03	2.90	~ 0.003	0.34	~ 0.003
Divided attention (RT)	774.89 (90.24)	782.66 (110.82)	-0.41	0.67	0.00	0.27	~ 3.474 e-5	3.59	~ 3.474e-5
Cognitive flexibility (RT)	1366.62 (331.58)	1277.52 (299.57)	1.51	0.13	0.01	0.08	~ 0.003	11.85	~ 0.003

df = 114;

RT = Reaction times

BF<sub>10</sub> = Bayes factor for the alternative hypothesis vs. the null hypothesis

BF<sub>01</sub> = Bayes factor for the null hypothesis vs. the alternative hypothesis

## Arithmetic measures

Inferential *t*-tests revealed a marginal group difference in favor of monolinguals in terms of addition operations ( $t(114) = -1.93$ ;  $p = 0.055$ ). No significant group difference was observed for subtraction operations ( $t(114) = -0.45$ ;  $p = 0.64$ ). However, Bayesian *t*-tests revealed that the alternative model that included a group effect was only 1.05 for additions and 0.21 for subtractions. This analysis also showed that the null model, including the no effect group, was 0.95 for additions and 4.60 for subtractions. This provides anecdotal evidence. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics as well as mean comparisons are presented in Table 6.

Table 6. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics for subtraction and addition operations.

			Inferential statistics			Bayesian statistics			
	Immersed N=59	Monolinguals N=57	T- Value	p	Effect Size (Cohen's d)	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)	BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)							
Arithmetic skills- Addition (CR)	7.84 (2.37)	8.80 (2.94)	-1.93	0.055	0.03	1.05	~ 4.589 e -6	0.95	~ 4.589 e -6
Arithmetic skills- Subtraction (CR)	6.50 (2.91)	6.75 (2.86)	-0.45	0.64	0.00	0.21	~ 2.474 e -5	4.60	~ 2.474 e -5

df = 114;

CR = correct responses

BF<sub>10</sub> = Bayes factor for the alternative hypothesis vs. the null hypothesis

BF<sub>01</sub> = Bayes factor for the null hypothesis vs. the alternative hypothesis



#### 4. Discussion

The main aim of the present study was to determine whether cognitive advantages observed on tasks assessing different attentional and executive functions (alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility skills) acquired through a 3-year early immersion education program (Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015) would also be observed after only 1 year of immersion education. We hypothesized that similar attentional and executive benefits would be found after only 1 year of immersion education given that these skills are likely to be required and, therefore, potentially trained and improved during the first year of the immersion program. Any non-significant group difference observed would suggest that a short exposure of only 1 year to an L2 would not be enough for cognitive advantages on these tasks to emerge. If this was the case, such results would support previous findings (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, Gross & Buac, 2014; Poarch & van Hell, 2012) showing that reduced exposure to L2 through immersion education programs do not produce attentional and executive benefits. Another aspect to consider concerning the above-mentioned studies is that they have used different tasks when assessing attentional and executive functioning. Such divergent task usage might have explained the observed non-significant effects, which is a hypothesis supported by previous related findings (Paap & Greenberg, 2013; Paap, Johnson, & Sawi, 2014). In order to control for potentially confounding within-task factors, the present study employed only attentional and executive measures for which advantages have been previously shown (Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015). Furthermore, the second aim of the present study was to determine whether attentional and executive skills (i.e., alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility skills) that are potentially improved through an early immersion education of 1 year might also have a positive and indirect influence on academic achievement and, more specifically, on mathematical skills. We hypothesized that L2 acquired through a formal one-year CLIL program might have a positive indirect effect on academic achievement based on findings showing that better executive functioning is directly related to bilingualism, but also seem to predict academic success. (e.g., Diamond & Ling, 2016). By extension, positive effects of bilingualism on attentional and executive functioning might also indirectly improve academic achievement.

The results of the present study revealed a significant group difference in terms of selective attention tasks, but not on tasks measuring alerting, divided attention,

and cognitive flexibility. Moreover, additional *t*-tests performed according to immersed subject rate of L2 exposition (30 subjects with 50% of academic subjects given in L2 versus 29 subjects with 75% of academic subjects given in L2) revealed no significant group differences for any applied attentional and executive tasks. These results do support other previous findings, which also showed that a reduced exposure (of only one year) to an L2 does not produce executive advantages. One potential explanation for the lack of group differences is that children were not sufficiently exposed during the first year of the immersion program to L2 activities involving these skills so as to develop a cognitive advantage compared to selective attention skills which are likely to be more required during the first year of the immersion program for activities requiring oral comprehension. More precisely, concerning the alerting task, immersed children tested in the present study were probably not sufficiently exposed to L2 processing situations requiring an alerting state so as to develop a cognitive advantage in this regard. Furthermore, a second possible explanation for this result could be that the task used to assess these skills was not cognitively demanding enough for any group difference to be detected. Previous studies have indeed suggested that cognitive bilingual advantages would be observed only by employing complex and demanding cognitive tasks (Costa et al., 2009). An important factor to consider concerning the alerting task employed is that this task is a very simple, perceptual response speed measure because it requires participants to respond by pressing a response key when a simple visual stimulus (a witch) appears in the middle of the computer screen. Basic perceptual processing of visual stimuli via motor responses was also needed for the other attentional and executive tasks because they required participants to press a key as fast as possible in response to visual stimuli appearing in the middle of the computer screen. These results indicate that the advantage observed for the selective auditory attention task cannot be explained by a potential non-observed response speed advantage induced by treating simple visual stimuli presented on screen.

A possible complementary explanation that accounts for the lack of the observed between-group differences on the divided-attention task is that during the year of the immersion program, attentional resources might be limited (Scalf, Torralbo, Tapia, & Beck, 2013). Therefore, it is possible that children are required to focus their attention mostly on one type of sensory input (auditory). Teachers were likely presenting information to children primarily visually or auditory. A second explanation could be that immersed children were not frequently exposed to situations requiring the simultaneous treatment of visual and auditory stimuli. As for the cognitive

flexibility task, a possible explanation for the lack of observed between-group differences could be that immersed French-speaking children were not switching frequently enough (passively or actively) between languages in the classroom setting or outdoor activities for group differences to be detected. According to information provided by teachers and parents, children were rarely switching between languages during the first year of the immersion program. At this moment, weekly courses were taught either in one language with the other language being used the next day. In this context, immersed children were not frequently faced with opportunities requiring an extensive training of their cognitive flexibility skills. Several authors (Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric, Vuksanovic, & Chondrogianni, 2017) have suggested that attentional and executive skills develop only with increasing exposure to L2. Immersed children tested in the present study were still poorly proficient bilinguals and, therefore, they did not have the opportunity to intensively use and train their attentional and executive skills. As suggested by previous authors, longer exposure to L2 would probably be necessary in order to detect advantages on tasks requiring executive skills. These results do support other previous findings, which also showed that a reduced exposure to an L2 does not produce executive advantages (e.g., Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014). The absence of a significant group's difference as compared to Nicolay and Poncelet (2013a, 2015) results cannot be explained by children's degree of L2 exposure given that no significant group difference was observed between children exposed to 50% or to 75% of L2 courses given in L2. In this context only the length and not the rate of exposure (of one year) to L2 can explain the significant positive effect observed in immersed children as compared to monolinguals. Note also that as compared to immersed children tested by Nicolay and Poncelet's (2013a; 2015) which were all exposed to 75% of school courses in L2, 30 (from a total of 59) of our immersed children had only 50% of school courses in L2. Moreover, Nicolay and Poncelet's (2013a; 2015) subjects were exposed for a longer period to their L2 (for over 3 years) as compared to immersed subjects tested during the present study enrolled for only one year within the immersion program.

Despite a lack of group differences for tasks assessing alerting, divided attention, and cognitive flexibility, a positive effect was observed in favor of immersed children on the selective auditory attention task. This advantage cannot be explained by age, gender, verbal and non-verbal intelligence, SES, or video game, music, and sports practice because all of these factors have been accounted for. These results

support the findings of Nicolay and Poncelet (2013a; 2015) and confirm our initial hypothesis that an L2 acquired through an early immersion education program of 1 year has a positive effect on auditory attention skills, likely because these skills are required and thoroughly trained. These skills are likely to be required and trained during the first year of the immersion program in situations in which new, barely new, or old L2 acoustic information have to be constantly treated (e.g., decoded, encoded) by pupils in class. In comparison to monolinguals taking traditional French classes, who have to focus their auditory attention skills only on the comprehension of academic subjects taught in a language that is highly automatized and fluent (French in the present case), immersed children are faced with the constant challenge of understanding complex academic subjects in a language not yet mastered and automatized (English in the present case). This leads to the continuous use and training of their auditory attention skills. Therefore, auditory attention skills are likely to be much more commonly used in comprehension activities during the first year of the immersion program compared to alerting, divided attention, and cognitive flexibility skills, which are likely not required as much.

Since previous studies have shown that improved executive functioning predicts better academic achievement, the second aim of the present study was to determine whether potential improvements in attentional and executive skills acquired through an early immersion education of 1 year could also have a positive effect on academic performance. Academic performance was assessed by an addition and subtraction operation sub-task (de Vos, 1992). Results revealed a marginal group difference in favor of monolinguals in terms of addition operations with no significant group difference being observed for subtraction operations. However, Bayesian *t*-tests showed that the alternative model that included a group effect was only 1.05 for additions and 0.21 for subtractions. These results provides anecdotal evidence. These results suggest that even if an early L2 immersion education of only 1 year has positive effects on selective auditory attention, this advantage will not automatically enhance mathematical achievement. In order to further explore the present results larger samples of monolinguals and immersed should be eventually compared.

A possible explanation for these results is that at the end of the first year of the immersion program, children are still in the process of acquiring basic mathematical skills. In this context, a high level of heterogeneity relating to performance skills might still be present. Secondly, a large proportion of the immersion population tested in the present study learned addition and subtraction operations in both languages (English and French;  $N = 17$ ) or only in the L2 program (English;  $N = 29$ ). It is possible

that subjects learning these operations in two codes were potentially faced with an increased cognitive load engendered by the concomitant activation of the two linguistic codes (English and French) of bilinguals. Moreover, subjects who learned these abilities in both languages were frequently exposed to two linguistic codes (English and French). It might be that these codes were also simultaneously activated while subjects conducted the addition sub-component of the task. This concomitant activation might have reduced the task completion speeds of participants. This hypothesis is supported by the findings of Magiste (1980), who showed that German-Swedish bilinguals learning both languages concomitantly also display increased response latencies and error rates in comparison to monolinguals on a task assessing subtraction and addition operations. This disadvantage was explained in terms of a language interference in bilinguals related to the parallel activation of two language systems when performing arithmetic operations. Performance advantages on tasks assessing arithmetic skills might be potentially observed in later stages of the L2 acquisition process in which L2 is better mastered and automatized. In these stages, participants might have better control over their two languages and, therefore, might be faced with less interference between the two. Moreover, other potentially contributing factors involved in the acquisition of basic arithmetic skills might also explain the performance of subjects on this task. These factors include training methods used to train arithmetical skills, time spent using these abilities (within and in outdoor school contexts), and the motivation of children to learn these skills.

In conclusion, the results of the present study suggest that a short exposure to an L2 acquired through an early immersion education of only 1 year has a positive effect on selective auditory attention skills, at least while these skills are extensively used and trained. However, this advantage might not have a positive and indirect effect on academic achievement (as assessed by addition and subtraction operations).

Future studies should further explore these findings by testing a broader range of arithmetic tasks. Moreover, the results of the present study revealed that an L2 acquired through an immersion program of 1 year does not seem to have a positive influence on alerting, divided attention, and cognitive flexibility skills. As suggested by previous authors, a longer exposure to L2 might be required to observe cognitive advantages on these tasks. Future studies should investigate this issue in order to determine whether the same benefits might also be present in 2nd-grade children enrolled in early immersion programs. This will be the aim of a forthcoming study.



## **Etude 4. No Cognitive Advantage in Children Enrolled in a Second-language, Immersion Elementary School Program for 2 Years**

**Barbu, C., Gonzalez, A., Gillet, S., & Poncelet, M.**  
**Soumis en Language and Learning**

### ***Abstract***

Extensive research conducted in the past several years has shown that bilingualism improves attentional and executive functioning. Most recently, bilingualism acquired through an early immersion education of 1 or 3 years has also been shown to produce similar benefits. The aim of the present study was to determine if similar advantages would also be observed after 2 years of immersion education and to establish if these potential gains also have an indirect effect on children's academic performance. Attentional and executive performance of two groups of 30 immersed and 30 monolinguals children were compared using the same tasks as those used by previous studies showing attentional and executive advantages. No significant group difference was observed for attentional or executive tasks. Moreover, a significant group effect was observed for a task assessing academic skills (as assessed by additions and subtractions), with monolinguals outperforming immersed children. The implications of these results are discussed.

## 1. Introduction

Bilingual attentional and executive advantages have been largely attested by previous studies. These benefits have been observed mostly in bilinguals who acquired their L2 through household settings or in the community, since birth or shortly after (early bilinguals), and in tasks requiring mostly conflict resolution or monitoring skills (for a review see Bialystok, 2011; Bialystok, 2015). This advantage has been attributed to the constant need of bilinguals to control their simultaneous activated languages and, more precisely, to inhibit lexico-semantic representations of the non-target language (Green, 1998).

Besides acquiring an L2 through the community or household settings, the CLIL program (content and language-integrated L2 learning method) has also been proven to be beneficial to children's attentional and executive functioning. During this program, L2 is used as an instrument to teach at least 50% of academic subjects (e.g., science, mathematics, geography; Comblain & Rondal, 2001; Briquet, 2006). In this context, classes are given either by native teachers or by teachers with certified L2 mastery. The CLIL program provides ideal conditions to investigate the effects of L2 on attentional and executive functioning, given that children begin their L2 exposition at the same time and benefit from identical learning conditions. In this context, multiple factors (e.g., type or degree of languages mastered) that have been shown to influence executive functioning can be controlled (e.g., Dong, 2015). The effects of L2 acquired via an L2 immersion education on attentional and executive functioning have been investigated by several studies, which observed divergent results. Some of these studies have yielded positive effects (e.g., Bialystok & Barac, 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Kalashnikova & Mattock, 2014) while others have not (e.g., Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya, Gross, & Buac, 2014; Poarch & van Hell, 2012; Simonis, Van der Linden, Galand, Hiligsmann, & Szmalec, 2019; Woumans, Surmont, & Struys, 2016). Those studies that failed to identify significant effects on attentional and executive functioning assessed children enrolled in an L2 immersion education program from 6 months to 10 years (6 months, 1 year, 2 years, 4 years, 5 years, 7 years or 10 years of L2 exposition).

Carlson and Meltzoff (2008), for example, investigated the effects of an early immersion program of 6 months on executive functioning by comparing three groups of children between 4 and 7 years old: early bilinguals exposed to French and Spanish since birth, English native speakers following a 6 months early immersion education program in Spanish or Japanese (3 h/day of L2 exposition for each of the two



languages: Spanish and Japanese), and English-speaking monolinguals following traditional learning schools. These groups were tested by means of three tasks assessing interference inhibition (Attention Network Task: ANT; Rueda et al., 2004), response inhibition (Simon Says: Strommen, 1973), and updating skills (DCCS: Dimensional Change Card Sort; Zelazo, Frye, & Rapus 1996). The authors found no advantage in favor of immersed children for either executive measure applied. Woumans, Surmont, and Duyck (2016) also assessed the effects of an early immersion education of 1 year on interference inhibition skills (Simon Task; Simon & Rudell, 1967) by comparing 5-year-old French-speaking children immersed in Dutch with monolingual French-speaking counterparts following traditional learning schools. The two groups were matched in terms of interference inhibition skills prior to enrolment in the immersion program to avoid a potential superiority in immersed as compared to monolinguals before L2 exposition began. These authors found no significant benefits of an early immersion education of 1 year on interference inhibition skills. Similarly, Poarch and van Hell (2012) also measured the effects of an L2 acquired via an early immersion program of 1.3 years to 5.2 years on interference inhibition skills (ANT: Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002) by testing four groups of 5 to 8 year-old children: one group of German-speaking monolinguals and three groups of children following a German-English immersion program of 1.3 years to 5.2 years. These three groups consisted of native German-speaking learners of English, early German-English bilinguals, and trilinguals with different language backgrounds learning English or German. Results revealed no significant advantage in favor of native German-speaking learners of English for either measure applied. In line with these results, Kaushanskaya, Gross, and Buac (2014) also investigated the effects of an L2 immersion education program of 2 years on executive functioning by comparing two groups of English-speakers from 5 to 7 years old: one group previously immersed in Spanish for 2 years and one monolingual control group. The authors found that an early immersion education of 2 years produces no significant positive effects on different cognitive skills including shifting (or cognitive flexibility; DCCS: Frye, Zelazo, & Palfai, 1995; Bialystok & Martin, 2004). Similar findings are also found in older children exposed for longer periods to their L2, after 7 or 10 years of immersion education. Simonis et al., (2019), for instance, compared a large sample of 500 subjects; 10-year-old and 16-year-old French-speakers immersed in English or Dutch for 4, 7, and 10 years and monolingual French-speakers on a series of tasks assessing interference inhibition (Simon & Rudell, 1967), monitoring (Fan & al., 2002), and switching (or cognitive flexibility skills; Zelazo, 2006; Bialystok & Martin, 2004). These

authors observed no significant group differences for any of the measures applied. Nicolay (2012) also assessed the effect of an L2 immersion education of 7 years on alerting, divided attention, cognitive flexibility, response inhibition, and interference inhibition (TAP: Zimmermann & Fimm, 2009) by comparing French-speaking 12-year-old children enrolled in an English immersion program for over 7 years with monolingual counterparts following traditional French-learning schools. Results showed no significant group effects for any of the attentional and executive tasks used.

Despite studies showing no positive effect of L2 immersion education on attentional and executive functioning (e.g., Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019; Woumans et al., 2016), other authors (e.g., Barbu, Gonzalez, Gillet, & Poncelet; Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015) have reported positive effects. Barbu et al. (2019), for instance, compared 6-year-old French-speaking children immersed in an early English immersion program for 1 year and French-speaking monolingual peers by using the same attentional and executive tasks as those applied by Nicolay and Poncelet (2013a; 2015), for which advantages have been shown (alerting, selective auditory, divided attention and cognitive flexibility; KITAP – Zimmermann, Gondan, & Fimm, 2002). This study also aimed to determine if potential attentional and executive advantages engendered by an early immersion education of 1 year might also have a positive indirect effect on children's academic performance. The results revealed no significant group differences for the alerting, divided attention, and cognitive flexibility, nor the arithmetic task. However, a significant group effect was observed for the selective auditory task, with immersed children outperforming monolinguals on response speed. To explain the results, the authors argued that during the first year of the immersion program, selective auditory skills are massively required in order to process the novel or nearly novel auditory information given in class. As for the lack of between-group differences observed on the other attentional and executive tasks applied (alerting, divided attention and cognitive flexibility tasks), Barbu et al. (2019) suggest that, during the first year of the program, immersed children might not be sufficiently exposed to L2 processing situations involving the use and, therefore, training of alerting, divided attention, and cognitive flexibility skills to develop an advantage. Kalashnikova and Mattock (2014) also assessed the effect of an L2 immersion education of 8 to 20 months on interference inhibition skills. In this study, 3- to 6-year-old English-speaking children enrolled in an early immersion education of 8 to 20 months with 75% of school classes

taught in Welsh (with English being spoken the rest of the time) and control English-speaking monolinguals were compared by means on an adapted version of the DCCS task (Frye, Zelazo, & Palfai, 1995) assessing interference inhibition skills. An important aspect to consider is that the immersed children were also exposed to their L2 in outdoor school settings as both languages (English and Welsh) had an official status within the community. This extra L2 exposition might have been a contributing factor to the positive results obtained. Nicolay and Poncelet (2013a) also investigated the effects of a 3-year immersion program on attentional and executive functioning (alerting, selective auditory attention, divided attention, response inhibition, and cognitive flexibility; KITAP – Zimmermann, Gondan, & Fimm, 2002). These authors compared 8-year-old French-speaking children distributed among two language groups: a group following an early immersion program in English for over 3 years (beginning from 3<sup>rd</sup> kindergarten) and a monolingual French-speaking control group. Findings revealed a significant advantage in immersed children as compared to monolinguals on all attentional and executive measures applied, except for the response inhibition task. In order to explain the positive results observed, the authors argued that an L2 acquired through an early immersion education of 3 years improves alerting, selective auditory, divided attention, and cognitive flexibility. This is because these skills are likely to be required and, therefore, trained during the first years of the immersion program in order to process the L2 information given in class. In 2015, Nicolay and Poncelet replicated their first study but this time by matching their two groups (8-year-old French-speaking monolinguals and children enrolled in a 3-year immersion education program in English since 5 years old) on attentional and executive functioning prior to enrolment within the program. This procedure was used in order to ensure that the immersed children did not have superior attentional and executive skills compared to monolinguals before the beginning of the immersion program (or before the debut of the L2 exposition process). Results replicated their first findings (observed in 2013) and confirmed that an early education of 3 years has a positive impact on alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility skills. Finally, Bialystok and Barac (2012) also revealed that performance on a task assessing conflict resolution skills (flanker effect: incongruent RT - congruent RT; Eriksen & Eriksen, 1974) is positively correlated with the length of time spent within the immersion program. These authors conducted two studies in which they tested two cohorts of children (grades 2 and 3 for study 1 and grades 2 and 5 for study 2) immersed in either Hebrew (Study 1) or French (Study 2). Subjects differed in terms of language backgrounds and L2 proficiency skills acquired during

the immersion program but also in terms of the length of time spent within the immersion program. Globally, the results of this study suggested that the longer the exposition to L2 within the immersion program, the greater the size of the executive control advantage. These results, however, do not align with those of certain above-mentioned studies (e.g., Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019) suggesting that the size of this advantage does not rely on the extent of time spent within the immersion program. Simonis et al. (2019), for instance, failed to find executive advantages in 10- and 16-year-old French-speakers exposed to their L2 (English or Dutch) for longer periods (4, 7, and 10 years of L2 exposition). Other related studies, however (e.g., Barbu et al., 2019), showed attentional benefits in younger children (immersed 8-year-old French-speakers as compared to monolinguals counterparts) exposed to their L2 (English) for only 1 year. It might be that the attentional and executive advantage produced by bilingualism does not follow a positive linear progression during development. These benefits might actually be present only during certain stages of the L2 learning process in which attentional and executive functioning is more recruited and trained. In more advanced stages of the L2 learning process, for instance, a high L2 proficiency level and therefore L2 automaticity might involve less use and therefore training of attentional and executive functioning. It might also be that for studies exhibiting no significant executive advantage in immersed children as compared to monolinguals, that the attentional and executive progress achieved by the immersed is matched by the monolinguals as a consequence of their normal cognitive development. Another important aspect to consider when addressing the studies mentioned above is that these studies, however, varied in terms of L2 exposition rate within the immersion program. They also vary in terms of tasks used to assess attentional and executive functioning. As suggested by related studies (Paap & Greenberg, 2013; Paap, Johnson, & Sawi, 2015; but see Simonis et al. non-published thesis, chapter 5), this diversity might prevent the identification of potential attentional and executive advantages. Nicolay and Poncelet (2013a; 2015) and Barbu and al. (2019) applied the same tasks when assessing the effects of L2 acquired via an immersion education of 1 and 3 years on attentional and executive functioning and reported both significant positive effects. The main aim of the present study was to determine if similar attentional and executive benefits observed by Nicolay and Poncelet (2013a; 2015) and Barbu et al. (2019) after 1 and 3 years of immersion education would also be observed after only 2 years of immersion education. In this respect we have assessed attentional, executive, and academic skills in two groups of 9-year-old 2<sup>nd</sup> graders: French-speakers enrolled in an English

immersion program for 2 years and monolinguals French-speaking controls by using the same tasks (KITAP – Zimmermann, Gondan, & Fimm, 2002) as those employed by Nicolay and Poncelet (2013a) and Barbu et al. (2019) for which advantages were shown.

We hypothesized that during the 2<sup>nd</sup>-grade immersion program, children are still unbalanced bilinguals and therefore need important attentional resources to successfully process oral and written L2 information given in a language not yet automatized and mastered. In this context, different attentional and executive skills might still be required in order to maintain a constant alert state during L2 processing (alerting), when treating auditory input information given by teachers in class (selective auditory attention), when processing simultaneous auditory and visual information presented in class (divided attention), or when switching actively between languages during courses given in one language or the other (cognitive flexibility). In this context, we expect immersed children to outperform monolingual counterparts on tasks assessing alerting, selective auditory, divided attention, and cognitive flexibility.

The secondary aim of the present study was to establish if potential attentional and executive gains might also have an indirect effect on children's academic performance. Academic skills were measured using the same arithmetic task assessing addition and subtraction operations (de Vos, 1992) employed by Barbu et al. (2019). This measure was used to avoid complex linguistic task demands which might interfere with the participant's performance. Based on findings suggesting that bilingualism engages positive effects on executive functioning, which might in turn positively affect academic performance, we expect to observe an advantage in French-speaking children immersed in English as compared to monolingual counterparts on a task assessing addition and subtraction operations (e.g., Diamond & Ling, 2016). This hypothesis is also sustained by recent findings suggesting that an L2 acquired through an English CLIL program of over 2 years produces positive effects on mathematical achievement (as assessed by different math skills). Fleckenstein, Gebauer & Möller (2019) reported that German-speaking children following an English CLIL program for 4 years exhibited better mathematical achievement (EMAT; Deutscher Mathematiktest; Göllitz, Roick, & Hasselhorn, 2006) after 1, 2, 3, and 4 years of immersion education as compared to monolinguals German-speaking counterparts comparable on SES (socio-economic status) and non-verbal reasoning skills. Note, however, that Barbu et al. (2019) observed no significant group differences in French-speaking children enrolled in an early immersion education of 1 year in English as

compared to monolingual counterparts on a task assessing addition and subtraction operations (de Vos, 1992). To explain their results, the authors argued that immersed children were still in the process of acquiring their basic mathematical skills during the first year of the immersion program.

## **2. Method**

### **2.1. Participants**

A total sample of 60 French-speaking typically developed children enrolled in the 2<sup>nd</sup> grade participated in the study. Participants had French as their mother tongue, spoke and were exposed only to French at home, and were not enrolled in extra-scholar activities given in L2 or another language. They were distributed by two language groups: 30 children enrolled in an English immersion program for over 2 years: 10 girls and 20 boys with a mean age of 89 months (range: 84–94); and 30 children following a regular school curriculum: 16 girls and 14 boys with a mean age of 90 months (range: 84–97).

The immersed children came from seven schools. For 17 children from this group, 50% of academic subjects were taught in English, with French being used during the remaining time. For the rest of the 13 children from this group, 75% of academic subjects were taught in English, with French being used during the remaining time. Immersed children learned to read and write in English (13), French (12), or in both (5). For these subjects, mathematical skills were learned in English (13), French (12), or in both (5). The monolingual children came from 13 schools. A part of the immersed and monolingual population tested in the present study (29 immersed and 28 monolinguals) were issued from a large cohort tested by Barbu et al. (2019). Barbu et al. (2019) subjects were however assessed in first grade and not in second grade as those from the present study.

Video games, music, sports practices, as well as SES status were controlled since these factors have been shown to affect executive functioning (Best & Miller, 2010; Zuk et al., 2014; Castel, Pratt, & Drummond, 2005; da Rosa Picollo et al., 2016).

Immersed and monolingual children were matched on age, male/female ratio, SES (highest diploma obtained by parents), and video game, music, and sports habits (h/week). The parents' written consent was required in order for children to participate in the study.

Descriptive statistics and mean comparisons for age are presented in Table 1.

## **2.2. Materials and procedure**

### **2.2.1. Preliminary measures**

#### **Background questionnaire**

A background questionnaire (appendix 2) was given to parents to gather information on the children's prior history of language knowledge (L1 and L2 knowledge), medical history (birth details, psychological, motor, attentional, visual, auditory, or language deficits), SES (as indexed by parents' highest diploma level), and the extent of practice of different activities, such as video game, music, and sports practice (h/week). Only children that had no psychological, motor, attentional, visual, auditory, or language deficits at the moment of testing and no history concerning school doubling were enrolled in the study. SES was indexed as a proxy of the parent's education level. This level was reported in the questionnaire as "low" (no professional qualification at all), "medium" (elementary school qualification, up to 12 years of study), "high" (high qualification, up to 15 years of study), and "very high" (superior qualification, at least 17 years of study). Video game, music, and sports practice were also measured by employing a 5-point Likert scale for which parents were asked to estimate the extent to which children conducted these different activities within a week's period (0 = no practice; 1 = very little or little practice; 2 = mean practice; 3 = frequent practice; 4 = very frequent practice).

#### **English lexical knowledge**

English productive and receptive vocabulary knowledge (Nicolay & Poncelet, 2013b) was assessed in immersed children using a specially-designed, receptive, and productive L2 receptive vocabulary task. This task was applied to determine if immersed children were successfully acquiring L2 during the second year of the immersion program. Both the receptive and productive vocabulary tasks contained 135 items. In the English productive component, children were shown a picture and required to name the pictures, one-by-one, in English. Items belonged to multiple categories: human body, geometrical forms, weather forecast, furniture, and clothes.

Immersed children were required to name the items in English. If one item was unknown to them, they were asked to name it in French to ensure that participants were familiar with the specific concepts. Minor misarticulations were considered as correct provided that the items were phonologically similar to target items. Synonyms of targets were considered as correct. During the receptive component of the task, subjects were presented with 27 computer slides, each containing 5-target items and two distractors (one neutral and one phonologically close), and were asked to identify the image best corresponding to a word spoken in English. The different items were presented through computer headphones. The oral production part of the task was applied first, followed by the receptive task. Total correct responses were calculated separately for each task and used in the analysis.

### **2.2.2. Experimental measures**

Alerting, selective attention, divided attention, and cognitive flexibility skills were assessed using the Test for Attentional Performance in Children (KITAP – Zimmermann, Gondon, & Fimm, 2002), a standardized computerized battery assessing different aspects of attention.

#### **Attentional tasks**

**Alerting** was assessed using “The witch” sub-test of the Kitap battery. In this task, a visual stimulus (a witch) appears in the middle of the computer screen. Children were asked to press a response key as soon as the witch was present. Reaction times were recorded.

**Auditory selective attention** was assessed using the “The owls” sub-test of the Kitap battery. This sub-test is mainly destined to assess divided attention skills. It comprises an auditory and a visual component. We adapted the task to assess selective auditory skills. During this task, an owl closing its eyes from time to time and making squeaky and deep screeching sounds in alternation appeared in the middle of the computer screen. Participants were required to press a response key as fast as possible only when they detected an irregularity (two identical consecutive sounds). Reaction times and omissions were recorded.



**Divided attention** was measured using “The owls” sub-test of the Kitap battery. This task assesses children’s ability to divide attention between auditory and visual stimuli. During this task, an owl making squeaky and deep screeches (auditory stimulus) and closing its eyes from time to time (visual stimulus) appeared in the middle of the computer screen. Children were required to press a response key as fast as possible each time the owl was closing its eyes and also when they detected an irregularity in the auditory sequence (two consecutive low or deep screeches). Reaction times, as well as omissions, were recorded.

**Cognitive flexibility** was assessed using “The dragons house” sub-test of the Kitap battery. In this task, two dragons (one green and one blue) were presented randomly on each side of the computer screen. Children were required to alternate as fast as possible between the two dragons by pressing a response key corresponding to the side on which the dragon was located. Acoustic feedback was given when errors were made. Response times and errors were recorded.

### **Academic performance**

Children’s academic performance was measured using a mathematical task designed to assess addition and subtraction operations skills (de Vos, 1992). Participants were presented with a sheet containing two columns (one of additions and one of subtractions) and were asked to resolve each column as quickly as possible. They were given a maximum of 1 min for each operation. Total correct responses were recorded separately for each operation and introduced in the analysis.

### **2.3. General procedure**

All children were tested individually in their respective schools during the period from January to May. The tasks were administered in French in a fixed order during one individual testing session, which lasted approximately 1.5 h. During the testing session, we measured alerting, selective auditory attention, flexibility, divided attention, and English vocabulary knowledge. The tests were applied during the morning to avoid potential tiredness among the children. Children were seated at a comfortable distance from the computer screen. Stimuli were presented on a laptop

computer with a standard screen dimension.

## **2.4. Statistical analyses**

Given issues concerning inferential statistics related to p-values, null hypothesis, and statistical power (Wagenmakers, 2007; Wagenmakers et al., 2015), we also employed independent and Bayesian *t*-tests (Love et al., 2015; <https://jasp-stats.org/>) to compare immersed and monolinguals on the different measures applied.

Bayesian statistics support evidence for a model, including a group effect, relative to a null model in which no group effect is present, using the Bayes factor. The larger the Bayes factor associated with a given model, the stronger the evidence in favor of an alternative model (including a group effect) relative to the null model (including no group effect). It has been suggested that a Bayes factor above 3 indicates moderate evidence, a factor above 10 indicates strong evidence, and above 30 indicates very strong evidence (Lee & Wagenmakers, 2014).

## **3. Results**

### **3.1. Preliminary measures**

Chi-square tests showed that the different language groups were similar on male/female ratio [ $X^2(1) = 2.44, p = 0.11$ ], music [ $X^2(4) = 2.88, p = 0.57$ ], video game practice [ $X^2(4) = 2.91, p = 0.57$ ], sports practice [ $X^2(3) = 2.42, p = 0.48$ ], and SES [ $X^2(2) = 0.27, p = 0.87$ ]. T-tests also revealed no significant group differences on age ( $t(58) = -1.77; p = 0.08$ ). This result was confirmed by Bayesian *t*-tests which showed that the Bayes factors for the alternative model (including a group effect) was only 0.96 for age. These findings suggest no significant evidence for a group difference on age. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics, as well as mean comparisons, are presented in Table 1.

L2 lexical development (English-productive and English-receptive vocabulary knowledge) was also measured after 2 years of immersion education. Regarding English-productive vocabulary knowledge, subjects produced between 17 and 118/135 totally correct items. Regarding their English-receptive vocabulary skills,

immersed participants were able to recognize between 66 and 135/135 correct items.

Table 1. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics, as well as mean comparisons for age.

	Immerged N=30	Monolinguals N=31	Inferential statistics		Bayesian statistics		BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
			T- Value	<i>p</i>	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)		
	Mean (SD)	Mean (SD)						
Age (months)	89.50 (2.91)	90.93 (3.34)	-1.77	0.08	0.96	0.010	1.03	0.010

Table 2. Descriptive statistics for 2<sup>nd</sup> grade immersed for English vocabulary knowledge.

	Mean (SD)	Range
Productive English vocabulary knowledge (Max = 135)	56.33 (27.25)	17-118
Receptive English vocabulary knowledge (Max = 135)	106.2 (19.77)	66-135

Concerning the English oral vocabulary task, immersed subjects gave either the target item, a synonym, or the corresponding word in French if the item was not known in English. Otherwise, they gave no response. We observed only a few cases of phonological distractors (similar phonological items instead of target items). As for the English-receptive vocabulary task, immersed children named the correct target item or selected a random image if the item was unknown.

## 3.2. Experimental measures

### Attentional and executive measures

We conducted *t*-tests in order to compare the performance of immersed and monolinguals on reaction times, errors, and omission rates on measures of alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility. Only reaction times are exposed since *t*-tests conducted on accuracy revealed no significant differences for any of the attentional and executive measures applied. This procedure respected the one employed by Nicolay and Poncelet (2013a; 2015).

The *t*-tests applied revealed no significant group differences on response speed for the alerting ( $t(58) = -0.17; p = 0.86$ ), selective auditory ( $t(58) = 0.05; p = 0.95$ ), divided attention ( $t(58) = 0.17; p = 0.86$ ), and cognitive flexibility task ( $t(58) = -0.08; p = 0.93$ ). These results were also confirmed by Bayesian *t*-tests, which showed that the alternative model (including a group effect) was only 0.29 for alerting, 0.25 for selective auditory attention, 0.23 for divided attention, and 0.28 for cognitive flexibility. Moreover, the Bayes factor for the null model (including no group effect) was 3.33 for alerting, 3.95 for selective auditory attention, 4.29 for divided attention, and 3.57 for cognitive flexibility. These findings offer no significant evidence for a positive effect of an L2 immersion education of 2 years on alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility skills. Descriptive inferential statistics, Bayesian statistics, and mean comparisons for measures of alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility are presented in Table 3.

Table 3. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics for measures of alerting, selective auditory attention, divided attention, and cognitive flexibility.

			Inferential statistics			Bayesian statistics			
	Immerged N=30	Monolinguals N=30	T- Value	<i>p</i>	Effect Size (Cohen's <i>d</i> )	BF <sub>10</sub>	BF <sub>10</sub> (error %)	BF <sub>01</sub>	BF <sub>01</sub> (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)							
Alerting (RT)	347.2 (58.04)	349.7 (52.43)	-0.17	0.86	-0.04	0.29	~ 0.005	3.33	~ 0.005
Auditory attention (RT)	733.8 (97.54)	732.5 (92.26)	0.05	0.95	0.01	0.25	~ 0.001	3.95	~ 0.001
Divided attention (RT)	717.5 (87.30)	713.8 (80.61)	0.17	0.86	0.04	0.23	~ 0.001	4.29	~ 0.001
Cognitive flexibility (RT)	1130 (280.9)	1137 (283)	-0.08	0.93	-0.02	0.28	~ 0.003	3.57	~ 0.003

df = 58;

RT = Reaction times

BF<sub>10</sub> = Bayes factor for the alternative hypothesis vs. the null hypothesis

Nicolay and Poncelet (2013a; 2015) assessed only immersed children exposed to 75% of academic subjects in L2. A part of the immersed children tested during the present study, however, had lower rates of exposition to L2 (17 children exposed to 50% of academic subjects in L2 vs. 13 children exposed to 75% of academic subjects in L2). We employed additional inferential and Bayesian *t*-tests in order to establish if there were potential differences depending on immersed children's L2 rate of exposition (50% vs. 75% of academic subjects taught in L2). After controlling for age, gender, SES, video game, music, and sports practice, inferential statistics revealed no significant group differences in terms of children's rate of L2 exposition for either alerting ( $p=0.44$ ), selective auditory ( $p=0.87$ ), divided attention ( $p=0.85$ ), or cognitive flexibility skills ( $p=0.54$ ). These results were also confirmed by Bayesian *t*-tests, which failed to support evidence for a significant group difference on alerting (BF<sub>10</sub>=0.43),

selective auditory ( $BF_{10}=0.35$ ), divided attention ( $BF_{10}=0.35$ ), and cognitive flexibility skills ( $BF_{10}=0.40$ ). Note, however, that the two sample groups were relatively small (17 children exposed to 50% of academic subjects in L2 vs. 13 children exposed to 75% of academic subjects in L2).

### Arithmetic measures

Inferential *t*-tests show a significant group difference in favour of monolinguals for addition ( $t(58) = -2.41$ ;  $p = 0.01$ ) and subtraction operations ( $t(58) = -2.63$ ;  $p = 0.01$ ). These results were also confirmed by Bayesian *t*-tests, which revealed that the Bayes factor for the alternative model, including a group effect, was 2.86 for additions and 4.40 for subtractions. Moreover, additional Bayesian *t*-tests revealed that the Bayes factor for the null model (including no group effect) was 0.34 for additions and 0.22 for subtractions. These results suggest that children enrolled in an early immersion education for 2 years exhibit lower arithmetical skills compared to monolingual controls. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics, as well as mean comparisons, are presented in Table 4.

Table 4. Descriptive, inferential, and Bayesian statistics for subtraction and addition operations.

	Immersed N=30	Monolinguals N=30	Inferential statistics			Bayesian statistics			
			T-Value	<i>p</i>	Effect Size (Cohen's <i>d</i> )	$BF_{10}$	$BF_{10}$ (error %)	$BF_{01}$	$BF_{01}$ (error %)
	Mean (SD)	Mean (SD)							
Arithmetic skills-Addition (CR)	11.50 (3.09)	13.80 (4.19)	-2.41	0.01	-0.62	2.86	0.004	0.34	0.004
Arithmetic skills-Subtraction (CR)	9.53 (3.29)	11.90 (3.66)	-2.63	0.01	-0.67	4.40	0.002	0.22	0.002

#### 4. Discussion

Not only bilingualism acquired through home setting or in the community, but also bilingualism acquired via an early immersion education, has been previously shown to improve attentional and executive functioning. Recent findings, however, show divergent results with certain studies exhibiting a positive effect of L2 immersion education on attentional and executive functioning while others not. The low extent or rate of exposure to L2 but also the diversity of tasks used to assess attentional and executive functioning have been suggested as being potential contributing factors for the non-significant results obtained (e.g., Barbu et al., 2019; Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Simonis et al., 2019; Woumans et al., 2016). Nicolay and Poncelet (2013a; 2015) and Barbu et al. (2019) applied the same tasks when assessing the effects of L2 acquired via an immersion education of 1 and 3 years on attentional and executive functioning and revealed both significant positive effects.

The aim of the present study was to determine if similar benefits might also be observed after 2 years of early immersion education and to establish if these potential gains might also have an indirect effect on children's academic performance (as assessed by arithmetic skills). We hypothesized that an early immersion education of 2 years would have a positive effect on attentional and executive skills given findings showing that these benefits are present after 3 (Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015) and only 1 year (Barbu et al., 2019) of immersion education. If such advantages are already present after 1 and 3 years of immersion education, we might suppose that they would also be present after 2 years of immersion education. Implicitly, these gains would be larger after 2 than after 1 year of L2 exposure. Potential significant attentional and executive benefits might also have positive indirect effects on children's academic performances (as assessed by arithmetic skills). This hypothesis is based on findings suggesting that executive functioning improved by bilingualism also seems to predict academic success (e.g., Diamond & Ling, 2016). Moreover, recent findings also seem to show that an L2 acquired through an L2 immersion program of 2 years engages positive effects on children's arithmetic skills (Fleckenstein et al., 2019).

We detected no significant group differences on any attentional and executive measure applied. These attentional and executive results were also confirmed by additional Bayesian *t*-tests, which showed that the alternative model, including a group effect, was no more than 0.29 for either attentional or executive

tasks applied. Moreover, our Bayesian results also reveal that the Bayes factor for the null model (sustaining no group difference) as compared to the alternative model (supporting a group difference) was greater than 3 for all the attentional and executive measures applied (3.33 for alerting, 3.95 for selective auditory attention, 4.29 for divided attention and 3.57 for cognitive flexibility). Moreover, monolinguals outperformed immersed children on the arithmetic task applied to both additions and subtraction operations. Regarding these results, the alternative model including a group effect was nearly 3 times more likely (as compared to the null model including no group effect) for additions and over 4 times more likely for subtractions. These outcomes cannot be explained by potential differences in age, male/female ratio, SES status, video game, sports, and music practice as all these factors have been controlled.

Concerning the results obtained on the attentional and executive tasks applied, a first aspect to consider is the low rate of L2 exposition of certain immersed children. Certain subjects issued from the immersed group (17 from a total of 30 subjects) had only 50% of the schools' courses in L2. This lower level of L2 exposition might have been too reduced as to engage sufficient training and therefore, improvement of attentional and executive functioning. Note, however, that Barbu et al. (2019) also assessed immersed children with similar rates of L2 exposition (30/59 immersed children with 50% school courses in L2) and, nevertheless, observed significant positive effects (faster response speed) in immersed subjects as compared to monolingual peers on a task assessing selective auditory attention. Another possible explanation for the lack of between-group difference is that monolinguals – giving their normal cognitive development – have caught up with immersed attentional and executive progress leading to a non-significant group difference by the end of the second school year. According to the Controlled Dose hypothesis of Paap (2019), bilingual advantages would be observed only during L2 acquisition while the executive system is still required (and therefore trained) in order to prevent intrusions from the non-target language. However, once L2 proficiency reaches a high level, L2 becomes too automatic as to continue to engage the use of the attentional and executive system. In this context, the attentional and executive progresses acquired by immersed children via a 2-year immersion program might be caught up by monolinguals during the trajectory of their normal cognitive development (Paap, 2019 cited in Simonis, 2019, non-published thesis).

Regarding the results obtained on the arithmetic task, it is important to note that some of the immersed children tested learned arithmetic skills in English (13),



French (12), or in both (5). It might be that for children who learned arithmetic skills in English or in both (English and French), a co-activation of lexical representations of both languages (English and French) might have occurred during the completion of the subtraction and addition sub-tasks. This concomitant activation of L1 and L2 representations might have engendered more incorrect responses in immersed children as compared to monolinguals. This explanatory hypothesis is likely to be true, especially for immersed children who learned arithmetic operations in English (13) or in both (English and French; 5). We tested this possibility by comparing all three groups tested (children who learned arithmetic skills in English, in French or in both) by means of an ANOVA analysis, but we observed no significant group effects (addition operations:  $BF_{10}=0.50$ ; subtraction operations:  $BF_{10}=0.58$ ). The immersed children's disadvantage might then be explained in terms of an increased cognitive load engendered by the constant treatment of L2 information given in class. Immersed children were still unbalanced bilinguals and, therefore, were still likely to use important attentional resources when processing L2 information given by teachers. This constant L2 treatment might have generated an extra-cognitive load, which might, in turn, have had a negative impact on the completion of arithmetic operations. Arithmetic advantages might, however, be observed in later stages of the L2 learning process in which L2 is better mastered and automatized. This hypothesis is sustained by findings suggesting that better levels of L2 proficiency lead to increased performance on tasks assessing arithmetic skills (e.g., Nishat, 2015).







# **DISCUSSION GÉNÉRALE**



L'acquisition d'une seconde langue comme toute autre expérience laisse des traces. Cette expérience exigeante sur le plan cognitif est susceptible de se prolonger dans le temps et se développe comme conséquence des circonstances de la vie. Les données empiriques concernant les effets cognitifs du bilinguisme recueillies jusqu'en 2013 suggèrent que le bilinguisme améliore les habiletés attentionnelles et exécutives. Ces bénéfices ont été observés dans différentes populations incluant des bébés, des enfants, de jeunes adultes et des personnes âgées. Dans les études investiguant ces effets, des tâches impliquant un conflit cognitif ou la capacité à inhiber une réponse automatique semblent être mieux réalisées par des bilingues que par des monolingues (Bialystok, 2011). Les études réalisées jusqu'en 2013 attribuent globalement cet avantage au fait que les deux langues du bilingue sont constamment activées même quand la personne bilingue se retrouve dans un contexte conversationnel monolingue où la L2 ne doit pas être utilisée (Green, 1998). Dans ce cadre, les bilingues seraient confrontés à un conflit engendré par l'activation concomitante des représentations linguistiques des deux langues, une situation à laquelle les monolingues ne sont évidemment pas exposés étant donné qu'ils doivent produire et traiter une seule langue. Afin de résoudre cette compétition, le système exécutif entre en jeu afin de gérer le conflit inhérent créé par cette activation concomitante des représentations appartenant aux deux systèmes langagiers. Cette situation entraînerait une utilisation accrue du système exécutif et en conséquence, conduirait à une amélioration du fonctionnement de celui-ci à travers la pratique des langues dans la vie quotidienne. Selon ce type d'interprétation, les expériences linguistiques en lien avec la pratique de deux langues conduiraient à des changements cognitifs positifs durables. Le bilinguisme est donc vu comme une sorte d'entité globale qui produit des avantages cognitifs permanents. L'influence des caractéristiques de la personne bilingue ou de son comportement linguistique telles que le niveau de compétence en L2, la fréquence d'utilisation des langues dans la vie quotidienne mais également la fréquence de passage (switching) d'une langue à l'autre par exemple au cours d'une même journée ou au cours d'une même conversation a été peu prise en compte dans les études ayant montré un avantage cognitif du bilinguisme. Or, les bilingues ou les personnes en cours d'acquisition d'une L2 peuvent différer fortement par rapport à ces caractéristiques.

A partir de 2013, la publication d'un nombre de plus en plus important d'études ne parvenant pas à mettre en évidence un avantage cognitif auprès de populations bilingues a conduit à remettre en question cette idée selon laquelle le bilinguisme en

tant que tel engendrerait des bénéfices attentionnels et exécutifs. Des méta-analyses récentes indiquent que l'avantage bilingue dans des tâches mesurant les habiletés attentionnelles et exécutives est en réalité très petit, voire nul (pour une revue, voir Adesope et al., 2010; de Bruin et al., 2015; Dong, 2015; Donnelly, 2016; Grundy & Timmer, 2016; Hilchey & Klein, 2011; Paap, et al., 2015; Paap & Greenberg, 2013; Zhou & Krott, 2016). Les résultats des études ayant mis en évidence un avantage cognitif du bilinguisme pourraient en fait être attribués à des biais de publication (par exemple de Bruin et al., 2015) mais également au fait que ces études n'ont pas contrôlé des facteurs susceptibles d'influencer les performances des sujets dans des tâches attentionnelles et/ou exécutives. Ces facteurs concernent en particulier les caractéristiques linguistiques de la personne bilingue (par exemple, son niveau de compétence en L2, l'âge d'acquisition de sa L2, Dong, 2015) ou de son comportement linguistique (par exemple la fréquence de switching, Paap & Greenberg, 2013). Or, la fréquence de switching langagier par exemple a été mise en relation avec des avantages cognitifs observés chez des personnes bilingues (par ex., Prior et al., 2011). Enfin, l'inconsistance des données concernant la mise en évidence d'un avantage cognitif du bilinguisme pourrait provenir de la diversité des tâches utilisées pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif des bilingues.

S'inspirant des études ayant exploré l'effet du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et/ou exécutif, des chercheurs ont commencé à s'intéresser, à partir des années 2000, à l'effet de l'acquisition d'une seconde langue dans le contexte de l'immersion linguistique scolaire précoce sur le développement cognitif. Les études menées par ces chercheurs ont montré d'emblée des résultats peu consistants, avec des études mettant en évidence des effets cognitifs positifs (Bialystok & Barac, 2012; Kalashnikova & Mattock, 2014; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015) et d'autres ne montrant aucun effet cognitif particulier de l'immersion linguistique scolaire précoce (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & Van Hell, 2012). Cette inconsistance peut être attribuée à une variété de facteurs tels que la diversité des programmes immersifs auxquels sont soumis les enfants ayant participé à ces études (notamment en termes de degrés d'exposition à la L2), la variété des langues impliquées comme L1 et comme L2, les différences de temps passé en immersion, et la variété des tâches utilisées dans ces études pour mesurer le fonctionnement attentionnel et exécutif (Lehtonen et al., 2018). Finalement, c'est probablement la variété des combinaisons de ces différents facteurs au sein des différentes études qui contribue le plus à l'inconsistance des résultats (voir Gillet et al., en préparation). Un autre facteur fondamental qui peut également



contribuer fortement à l'inconsistance des résultats concerne le fait que le développement cognitif, et en particulier, le développement des différentes fonctions attentionnelles et exécutives de l'enfant, n'est pas linéaire et peut, à certains moments, se trouver limité en termes de potentialités par rapport au niveau de maturité de la fonction évaluée. Si le fait d'apprendre une seconde langue en situation d'immersion scolaire constitue une condition qui requiert un recrutement accru des ressources attentionnelles et/ou exécutives par rapport à une situation de scolarité monolingue, et si ce recrutement accru a pour effet d'accélérer ou de « booster » le développement de ces fonctions chez l'enfant immergé, on peut néanmoins supposer que cette progression ne peut dépasser les limites de développement correspondant aux potentialités d'un enfant de cet âge. Dès lors, les enfants non-immergés qui tiennent lieu de contrôles par rapport aux enfants immergés dans ces études, sont susceptibles d'atteindre à leur tour à un moment donné (donc de rattraper) ce niveau de potentialités maximales pour un âge donné, au cours de leur propre développement cognitif et, montrer à ce moment des performances semblables aux immergés dans les tâches utilisées. La mise en évidence de différences de performances dans les tâches attentionnelles et/ou exécutives entre les enfants immergés et contrôles est donc susceptible de dépendre à la fois du niveau de développement cognitif maximal que peut atteindre l'enfant immergé et le niveau de développement cognitif atteint par l'enfant contrôle au moment de l'évaluation de ces fonctions.

Au total, l'examen des données concernant l'effet du bilinguisme ou de l'acquisition d'une seconde langue dans le contexte de l'immersion bilingue scolaire précoce ne permet pas de déterminer si les avantages cognitifs associés au bilinguisme ou à l'immersion bilingue sont permanents et donc durables ou s'ils dépendent des caractéristiques linguistiques particulières des individus, elles-mêmes susceptibles de varier au cours du temps (comme par exemple, la fréquence de switching langagier dans le cas des bilingues, et l'étape de développement à laquelle ils se trouvent au moment où leurs habiletés cognitives sont évaluées dans le cas des enfants immergés).

Le premier objectif du présent projet était de déterminer si l'acquisition et la pratique d'une L2 impacte durablement le fonctionnement attentionnel et exécutif des bilingues quelles que soient les conditions ultérieures d'utilisation de chacune des langues en termes de fréquence de switching langagier, ou si, au contraire, l'effet positif du bilinguisme est limité et concerne uniquement des situations de bilinguisme

qui requièrent une utilisation massive du système attentionnel et exécutif comme l'est la situation de switching langagier hautement fréquent. Dans ce cadre, nous avons investigué l'effet de la fréquence de switching langagier sur des habiletés attentionnelles et exécutives pour lesquelles des avantages ont été antérieurement rapportés (alerte, inhibition de la réponse et flexibilité cognitive ; Costa et al., 2009; Costa et al., 2008; Fernandez et al., 2013; Fernandez et al., 2014; Ibrahim et al., 2013; Liu et al., 2016; Marzecová et al., 2012; Nicolay & Poncelet, 2013a, 2015). Pour ce faire, deux études ont été mises sur pieds. La première (étude 1) avait pour but de déterminer l'effet de la fréquence de switching langagier sur l'alerte, l'inhibition de la réponse et la flexibilité mentale en comparant les performances à des tâches mesurant ces fonctions dans deux groupes de bilingues de même niveau de compétences en L2, l'un switchant très fréquemment (SF), et l'autre switchant très peu fréquemment (SNF) d'une langue à l'autre. La deuxième étude avait pour but spécifique de dissocier l'effet du switching langagier de l'effet du bilinguisme en tant que tel en comparant des bilingues switchant fréquemment et peu fréquemment à des monolingues dans les tâches attentionnelles et/ou exécutives utilisées dans l'étude 1. Si l'avantage cognitif associé au bilinguisme est dû uniquement à la fréquence de switching, les SF devraient avoir des performances supérieures aux SNF et aux monolingues, mais les SNF et les monolingues devraient avoir des performances semblables à ces tâches. Par contre si le bilinguisme en tant que tel joue également un rôle par rapport à l'avantage bilingue, non seulement les SF mais également les SNF devraient montrer des performances supérieures à celles des monolingues dans les tâches en question.

Le deuxième objectif de ce projet était d'établir à quel moment les effets de l'acquisition d'une L2 via une éducation immersive précoce apparaissent une fois que les enfants sont exposés à un tel type d'apprentissage et si une fois présent, cet effet est permanent ou au contraire fluctue. Pour cela, deux études ont été mises en place (études 3 et 4). Celles-ci avaient pour but d'examiner l'effet de l'immersion bilingue précoce respectivement après un et deux ans d'immersion. Pour mener à bien ces études, nous avons utilisé les mêmes tâches attentionnelles et exécutives que celles utilisées par Nicolay & Poncelet (2013a, 2015) ayant montré des avantages cognitifs chez des enfants immergés depuis 3 ans. En outre, nos groupes d'enfants immergés étaient issus d'écoles pratiquant le même type d'enseignement CLIL que ceux étudiés par Nicolay & Poncelet (2013a, 2015).

Dans les sections suivantes, nous discutons les résultats, leurs implications et

les perspectives de recherches concernant les études que nous avons menées dans le cadre de ce projet de thèse.

## **1. Effet de la fréquence du switching langagier sur le fonctionnement attentionnel et exécutif**

**L'étude 1** qui consistait en une étude pilote ayant pour but de déterminer directement si la fréquence de switching langagier influence les habiletés d'alerte, d'inhibition de la réponse et de flexibilité cognitive (TAP: Zimmermann & Fimm, 2009) a mis en évidence une supériorité des bilingues SF par rapport aux SNF en termes de vitesse de réaction dans la tâche de flexibilité cognitive. Aucune différence de groupe n'a été observée pour les deux autres tâches mesurant l'alerte et l'inhibition de la réponse. Cette absence de différence permet d'exclure que l'avantage au niveau de la flexibilité cognitive puisse être attribué à des processus attentionnels de plus bas niveau comme la vitesse de réaction générale évaluée par la tâche mesurant l'alerte. Dans la mesure où les deux groupes de bilingues avaient un niveau similaire de maîtrise de leur L2 et étaient appariés en termes d'âge, de genre, de niveau SES, et de fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo, l'avantage des SF par rapport aux SNF dans la tâche de flexibilité mentale semble donc pouvoir être attribuée à la fréquence de switching langagier puisque c'est la seule caractéristique qui différencie les deux groupes. Cet avantage pourrait être dû au fait que l'habileté de passer d'une langue à l'autre et la tâche de flexibilité mentale sont soutenues par des processus cognitifs similaires, à savoir la capacité à catégoriser des items ou des mots sur base de leur appartenance à une catégorie ou à une langue donnée et switcher entre différents types d'items ou de langues. Les tâches d'alerte et d'inhibition de la réponse pour lesquelles les performances des SF ne sont pas supérieures à celles des SNF en comparaison avec la tâche de flexibilité cognitive ne requièrent pas de processus de switching (les sujets doivent réagir aussi vite que possible lors de l'apparition d'un stimulus visuel « x » et inhiber un stimulus « + » apparaissant sur l'écran).

Les résultats de l'étude 1 semblent donc indiquer que la fréquence de switching langagier est un facteur spécifique responsable des avantages dans des tâches de flexibilité cognitive. Néanmoins, une question subsiste, c'est celle de savoir si la fréquence de switching langagier peut à elle seule expliquer l'avantage bilingue au niveau de la tâche de flexibilité cognitive ou si le bilinguisme en tant que tel contribue également à la manifestation de cet avantage.

Dans ce cadre, l'**étude 2** a été mise sur pieds afin de tenter de dissocier l'effet de la fréquence de switching langagier de l'effet potentiel du bilinguisme en tant que tel sur les mêmes fonctions que celles évaluées dans l'étude 1 en comparant les performances de bilingues SF et SNF à celles de monolingues. Le but de cette étude était également d'explorer l'effet du switching langagier chez des bilingues ayant la même paire de langues (bilingues allemand-français) par rapport à ceux évalués lors de l'étude 1 (bilingues avec des paires de langues variées). Nous nous attendions à pouvoir éventuellement mettre en évidence un effet plus important du switching langagier étant donné la plus grande homogénéité de la population étudiée. Nos résultats confirment ceux de l'étude 1. Ils montrent en effet que les bilingues SF ont de meilleures performances comparativement aux bilingues SNF dans la tâche de flexibilité mentale. Ils montrent en outre que les bilingues SF ont de meilleures performances que les monolingues dans cette même tâche mais que ce n'est pas le cas des bilingues SNF. Cette absence de différence de performances à la tâche de flexibilité mentale entre les bilingues SNF et les monolingues semble montrer que le bilinguisme en tant que tel ne confère pas d'avantage dans cette tâche. Ces résultats suggèrent donc que c'est bien le switching langagier à lui seul qui confère l'avantage des bilingues SF dans la tâche de flexibilité cognitive. Étant donné que les trois groupes étaient appariés en termes d'âge, de genre, de niveau SES, et de fréquence de pratique musicale et de jeux vidéo, et que les deux groupes de bilingues étaient en outre appariés sur le niveau de compétence et de fréquence d'utilisation des langues, cet avantage en faveur des SF ne peut être imputé qu'à la fréquence de switching langagier. Aucune différence de groupe n'a par contre été observée entre les trois groupes d'adultes pour les tâches mesurant l'alerte et l'inhibition de la réponse. Ces résultats confirment que la fréquence de switching langagier est un facteur spécifique responsable des avantages dans des tâches de flexibilité cognitive. Ces résultats soutiennent ceux obtenus par Prior et Gollan (2011) suggérant que la fréquence de switching langagier impacte positivement les habiletés de switching général ou de flexibilité cognitive. Pour rappel, Prior et Gollan (2011) ont mis en évidence que des adultes bilingues espagnol-anglais switchant fréquemment d'une langue à l'autre ont des performances supérieures comparativement à des bilingues mandarin-anglais switchant rarement entre les langues dans des tâches linguistiques et non-linguistiques mesurant les habiletés de switching. Sur base de ces résultats, les auteurs postulent que les habiletés de switching langagier sont en relation directe avec le système exécutif et impacte positivement ce dernier. Un aspect à prendre en considération concerne le fait que les deux groupes de bilingues (bilingues espagnol-

anglais/bilingues mandarin-anglais) n'avaient pas le même type de paires de langues (espagnol-anglais/mandarin-anglais), l'espagnol étant une langue différente du mandarin sur le plan phonologique, lexical, morphosyntaxique et pragmatique. Dans ce cadre, le bénéfice observé en faveur des bilingues espagnol-anglais est susceptible d'être attribué non seulement à la fréquence de switching langagier mais également à un niveau plus important de similarité des langues parlées par les bilingues espagnol-anglais. L'espagnol et l'anglais étant des langues plus proches comparativement à la paire mandarin-anglais, cela implique éventuellement une utilisation plus importante et donc un entraînement plus accru des habiletés d'inhibition comme conséquence d'une activation plus importante des représentations lexicales des deux langues.

L'avantage observé dans nos études 1 et 2 dépasse la sphère connue des avantages mis en évidence par des tâches de switching généralement utilisées (Prior et Gollan, 2011 ; Woumans et al., 2016) et montrent que de tels bénéfices s'observent également avec des tâches standardisées qui sont complexes et exigeantes sur le plan cognitif. Ces résultats soutiennent l'hypothèse des études précédentes suggérant que l'avantage bilingue se manifeste davantage dans des conditions exigeantes cognitivement (Costa et al., 2009 ; Bialystok et al., 2008). Un aspect supplémentaire à considérer est que les bilingues SNF et SF avaient un niveau similaire de maîtrise en L2 et une fréquence réduite d'utilisation de leur L2 sur la journée (avec 35% de fréquence moyenne d'utilisation de la L2 sur la journée pour les bilingues SNF et 36% de fréquence moyenne d'utilisation de la L2 sur la journée pour les bilingues SF). Etant donné cet appariement (en plus de l'absence de différence observée dans la tâche de flexibilité cognitive entre bilingues SNF et monolingues), ceci suggère que le niveau de maîtrise et de fréquence d'utilisation de la L2 n'expliquent pas les résultats observés dans la tâche de flexibilité cognitive. Si la fréquence d'utilisation de la L2 expliquait l'avantage bilingue dans la tâche de flexibilité, les bilingues SF, étant donné qu'ils utilisent peu leur L2, ne devraient pas manifester d'avantage comparativement aux bilingues SNF et monolingues. Par ailleurs, si le niveau de compétence en L2 expliquait cet avantage, les bilingues SNF étant donné leur niveau (également) élevé de compétence en L2, devraient manifester une supériorité dans la tâche de flexibilité cognitive comparativement aux monolingues, mais on ne l'observe pas. En outre, si la fréquence d'utilisation et de maîtrise en L2 expliquaient la supériorité des bilingues SF dans la tâche de flexibilité, ces facteurs (résultats dans des tâches de vocabulaire en L2 et niveau auto-estimé de fréquence d'utilisation de la L2) et les performances des sujets (vitesses de réaction) dans la tâche de flexibilité devraient également

corrélés, ce qui n'est pas le cas. Le seul facteur qui corrèle avec les performances des sujets dans la tâche de flexibilité est la fréquence de switching langagier, ce qui confirme que ce facteur est celui qui explique cet avantage. Par ailleurs, les bilingues SNF, outre le fait de switcher rarement entre leurs deux langues (maximum 6 fois sur la journée), utilisaient effectivement relativement peu leur L2 sur la journée. Malgré le fait qu'ils avaient un niveau élevé de maîtrise en L2, ces sujets n'étaient donc pas dans une situation constante et active d'utilisation de leur L2. Ceci suggère que les avantages attentionnels et exécutifs engendrés par la maîtrise de la L2 ne sont pas permanents mais se manifestent uniquement lorsque le système exécutif est constamment et massivement sollicité.

A notre connaissance, notre étude 2 est la première de ce genre à contrôler autant de facteurs (âge, genre, niveau SES, pratique musicale, pratique de sport, niveau de maîtrise et de fréquence d'utilisation des langues) tout en mettant néanmoins en évidence que la fréquence de switching langagier influence positivement les habiletés de flexibilité cognitive. Le type de paires de langues utilisées par les bilingues ne semble pas être un facteur qui a un impact sur nos résultats puisque nos études 1 et 2 évaluant des sujets bilingues avec des paires de langues hétérogènes (étude 1) et homogènes (étude 2) montrent des résultats similaires (un avantage au niveau de la tâche de flexibilité cognitive chez des bilingues SF comparativement aux bilingues SF et pas de différence de groupes dans des tâches d'alerte et d'inhibition de la réponse). Nos résultats suggèrent que cette vision globale élaborée jusqu'en 2013 concernant les effets positifs du bilinguisme sur le fonctionnement attentionnel et exécutif n'est plus valable. Selon nos résultats, ce n'est pas le bilinguisme considéré comme facteur global qui confère l'avantage bilingue dans les tâches de flexibilité cognitive (Costa et al., 2008; Bialystok, 2009; Bialystok & Barac, 2012; Bialystok et al., 2014 ; Ibrahim et al., 2013; Prior & Gollan, 2011; Liu et al., 2016; Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015; Hartanto & Yang, 2016; Seçer, 2016, 2011; Hartanto & Yang, 2016) mais la fréquence de switching langagier. Le switching langagier semble être un comportement spécifique qui entraîne des effets sur des fonctions spécifiques (la flexibilité cognitive). Ce facteur devrait être pris en compte dans les études futures évaluant l'effet d'une L2 sur le fonctionnement attentionnel et exécutif.

En ce qui concerne l'absence de différence entre les performances des bilingues SF, bilingues SNF et monolingues pour les tâches d'alerte et d'inhibition de la réponse, il se peut que les tâches appliquées pour mesurer ces habiletés n'ont pas été

suffisamment exigeantes sur le plan cognitif pour mettre en évidence des différences de groupes au niveau comportemental. Afin d'explorer davantage l'impact du bilinguisme et/ou du switching langagier sur l'alerte et l'inhibition de la réponse, des études futures pourraient utiliser des méthodes plus sensibles, telles que des techniques de potentiels évoqués. En effet, certaines études mettent en évidence des différences de groupes à l'aide de ces techniques alors qu'elles ne sont pas observables au niveau comportemental à l'aide de tâches exécutives classiques (Fernandez et al., 2014, Fernandez et al., 2013). En utilisant les composantes N200 et P300, Fernandez (2013) comparent les performances de deux groupes d'adultes, à savoir un groupe bilingue avec des backgrounds langagiers différents et un groupe monolingue anglophone au moyen d'une tâche mesurant l'inhibition de la réponse. La composante N200 permet de mesurer l'inhibition qui apparaît dans des paradigmes de type Go/No-Go sollicitant une réponse automatique interférente. La composante P300 est généralement impliquée dans le processus d'allocation des ressources attentionnelles et du traitement de l'information pour des tâches de type Go/No-Go. Une plus grande amplitude pour les essais NoGo et une absence de différence d'amplitude au niveau de l'onde P300 sont observées par les auteurs entre les deux groupes. De plus, ceux-ci montrent que le pourcentage de réponses correctes obtenu dans une tâche de vocabulaire en L2 corrèle significativement avec les performances des bilingues dans la tâche d'inhibition de la réponse (amplitude N200 plus importante). Sur base de ces résultats, les auteurs postulent que l'avantage bilingue dans des tâches mesurant l'inhibition de la réponse est modulé par le niveau de compétence en L2. Une explication complémentaire pour rendre compte de ces résultats est que les bilingues doivent inhiber davantage les représentations de leur L1, plus dominantes, en comparaison aux monolingues au fur et à mesure que leur niveau de compétence en L2 se développe (Costa & Santesteban, 2004; Meuter & Allport, 1999).

Afin d'établir si l'effet positif observé au niveau de la tâche de flexibilité cognitive est spécifique au switching langagier, des études futures devraient évaluer d'autres situations qui, à côté du switching langagier fréquent, sollicitent également intensivement le fonctionnement attentionnel et exécutif (par exemple la pratique d'un métier impliquant un changement non-langagier régulier) de manière à déterminer si ces activités impactent aussi le fonctionnement exécutif. Des études futures devraient également évaluer des bilingues qui pour des raisons de modifications de leur conditions de vie sont amenés à switcher ou pas entre les langues et voir si lorsque ces sujets ne switchent plus, ils montrent encore des

avantages exécutifs (flexibilité cognitive). Si la situation de switching langagier est celle qui influence les habiletés de flexibilité mentale, une réduction de la fréquence de switching langagier (ou du nombre de passages d'une langue à l'autre) chez un même individu bilingue devrait avoir comme conséquence une diminution de ses performances dans une tâche de flexibilité cognitive.

## **2. Effet de l'immersion linguistique précoce sur le fonctionnement attentionnel et exécutif**

En ce qui concerne le 2<sup>ième</sup> objectif, **les études 3 et 4** avaient pour but de déterminer si les effets positifs d'une L2 acquise via une éducation immersive dans le cadre du CLIL organisé en CWB, observés chez des enfants après 3 ans d'immersion sur les capacités d'alerte, d'attention sélective auditive, d'attention divisée et de flexibilité cognitive (Nicolay et Poncelet, 2013a ; 2015) pouvaient également être observés après seulement 1 an (étude 3) et 2 ans (étude 4) d'immersion linguistique précoce.

Nos études montrent qu'un avantage attentionnel émerge après 1 an d'immersion linguistique précoce mais qu'après 2 ans cet avantage n'est pas préservé. Nos résultats ont mis en évidence que les enfants immergés depuis un an présentent de meilleures performances en termes de vitesse de réaction comparativement aux enfants non immergés dans la tâche d'attention sélective auditive. Ces effets positifs sont observés tandis que nous avons contrôlé différents facteurs tel que l'âge, le genre, le niveau SES, la pratique de jeux vidéo, de sport et de musique, ainsi que le niveau de compétence en L1, en appariant les deux populations sur l'ensemble de ces facteurs. Aucune différence de groupe n'a été observée dans les autres tâches attentionnelles et exécutives appliquées mesurant l'alerte, l'attention divisée et la flexibilité cognitive.

La supériorité observée après 1 an d'immersion pourrait être attribuée au traitement intensif d'informations auditives nouvelles en L2 (l'anglais) proposées en classe durant la première année de l'enseignement immersif. Ce recrutement impliquerait un entraînement intensif et donc une amélioration de ces habiletés chez les immergés. L'absence de différence dans les tâches d'alerte, d'attention sélective auditive, d'attention divisée de flexibilité cognitive pourrait être expliquée par le fait que les immergés n'ont pas été suffisamment exposés à des situations de L2 (incluant



par exemple un switching langagier fréquent) dans lesquelles ces différentes habiletés peuvent être utilisées et donc améliorées. Les immergés testés dans le cadre de l'étude 3 n'ont potentiellement pas eu l'opportunité d'entraîner intensivement leur système attentionnel et exécutif. Différents auteurs ont effectivement suggéré que le fonctionnement attentionnel et exécutif se développe à condition que les immergés soient intensivement exposés à la L2 (Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric et al., 2017).

Comparativement aux autres études (Bialystok & Barac, 2012; Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric et al., 2017), lors de l'étude 3 nous avons appliqué les mêmes tâches attentionnelles et exécutives pour lesquelles des avantages ont été mis en évidence (Nicolay & Poncelet, 2013a ; 2015) et, par conséquent, un facteur potentiel pouvant expliquer la différence entre nos résultats et ceux obtenus par Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015) est la durée totale d'exposition à la L2 des sujets, 1 an pour les immergés testés lors de l'étude 3 vs. 3 ans d'immersion linguistique pour les immergés testés par Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015). En outre, le taux d'exposition à la L2 des immergés testés dans le cadre de cette étude 3 (30 sur 59 immergés exposés à 50% du curriculum en L2 pour l'étude 3) est moindre comparativement à celui des immergés testés par Nicolay et Poncelet (2013 ; 2015) (75 sur 75 immergés exposés à 75% du cursus scolaire en L2). Cependant, aucune différence de groupe n'a été observée en termes attentionnel et exécutif entre les sujets exposés à 50% du cursus scolaire en L2 et les sujets exposés à 75% du cursus en L2 dans notre étude. La différence de résultats entre l'étude de Nicolay & Poncelet (2013a, 2015) et la nôtre ne semble donc pas pouvoir être expliquée en termes de taux différents d'exposition à la L2.

Cet avantage en termes d'habiletés d'attention sélective auditive observé après 1 an d'immersion linguistique précoce ne semble par contre pas perdurer après 2 ans d'immersion linguistique (étude 4). Ce résultat ne peut pas s'expliquer par le taux d'exposition à la L2 ou le temps passé en immersion puisque notre étude 3 montre que les immergés exposés depuis 1 an à leur L2, ayant donc un niveau moins élevé de maîtrise en L2, exhibent des avantages dans la tâche d'attention sélective auditive. Une explication pour rendre compte de ces résultats est que les progrès attentionnel et exécutif éventuels réalisés par les immergés durant les premières deux années de programme immersif ont potentiellement été rattrapés par les monolingues durant le cours de leur évolution cognitive normale. Si le fait d'apprendre une L2 en situation d'immersion scolaire est une condition qui implique un recrutement accru des

ressources attentionnelles et/ou exécutives par rapport à une situation de scolarité monolingue, et si ce recrutement accru a pour effet d'accélérer le développement de ces fonctions chez l'enfant immergé, on peut néanmoins supposer que cette progression ne peut dépasser les limites de développement correspondant aux potentialités d'un enfant de l'âge donné. Par conséquent, les enfants non-immergés sont susceptibles de rattraper ce niveau de potentialités maximales pour un âge donné, au cours de leur propre évolution cognitive, et finalement démontrer des performances semblables aux immergés dans des tâches attentionnelles et exécutives.

Au total, nos études montrent qu'un avantage attentionnel et exécutif émerge après 1 an d'immersion linguistique précoce mais qu'après 2 ans cet avantage ne se manifeste pas. Il est cependant présent également après 3 ans d'immersion selon les données de Nicolay et Poncelet (2013a ; 2015) et absent après 7 ans d'immersion selon Nicolay, Noël et Poncelet (non publié). Lors de nos études 3 et 4 nous avons appliqué les mêmes tâches que celles pour lesquelles des avantages ont été démontrés par Nicolay et Poncelet (2013a; 2015). Les mêmes tâches étaient également utilisées dans l'étude de Nicolay et al. (non publié). Les différences de résultats ne peuvent donc pas être attribuées ici à l'utilisation de tâches attentionnelles et exécutives différentes. Il apparaît donc que les avantages cognitifs conférés par l'immersion bilingue précoce semblent fluctuer au cours du temps. Une hypothèse pour expliquer cette fluctuation des résultats chez les enfants suivant un programme immersif de 1, 2, 3 et 7 ans est que les non-immergés rattrapent, au cours de leur développement cognitif normal, l'avantage attentionnel et exécutif acquis par les immergés. Le développement des différentes fonctions attentionnelles et exécutives des enfants en général, et donc également des enfants immergés n'est probablement pas linéaire et est limité en termes de potentialités par rapport à un âge donné. Dès lors, les enfants non-immergés sont susceptibles d'avoir atteint également (donc d'avoir rattrapé) ce niveau de potentialités maximales, au cours de leur propre développement cognitif normal et par conséquent de démontrer des performances semblables aux immergés dans des tâches attentionnelles et exécutives à un moment donné. Ce rattrapage serait une conséquence des expériences que les enfants ont généralement l'occasion de vivre dans un environnement potentiellement stimulant (école, vie familiale, etc.). Les différentes fonctions attentionnelles et exécutives des enfants évoluent à des rythmes différents avec des pics d'évolution différents d'une fonction à l'autre. Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen (2003) par exemple montrent que le shifting (ou la flexibilité cognitive) se développe

constamment entre 8 et 13 ans alors que l'inhibition n'évolue pas durant cette période. Brocki et Bohlin (2004) par contre démontrent un pattern inverse de résultats et montrent un pic d'évolution de l'inhibition vers l'âge de 9 ans. Ces données illustrent la complexité du développement des fonctions exécutives chez l'enfant.

Une possibilité d'investiguer davantage la manière dont les fonctions attentionnelles et exécutives progressent chez les enfants en immersion serait de suivre une même cohorte de sujets (immergés et monolingues) de la 1<sup>ère</sup> à la 6<sup>ème</sup> primaires et de les comparer en fin de chaque année scolaire au moyen de tâches attentionnelles et exécutives standardisées pour lesquelles des avantages ont été démontrés (Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015).

Nos résultats soutiennent ceux des études précédentes suggérant que le temps passé en immersion n'est pas nécessairement le facteur qui explique les avantages exécutifs bilingues mis en évidence (Woumans, 2016 ; Simonis et al., 2019). Plusieurs études mettent en évidence qu'une L2 acquise via un enseignement immersif entraîne des avantages sur le fonctionnement attentionnel et exécutif (Carlson & Meltzoff, 2008; Kaushanskaya et al., 2014; Poarch & van Hell, 2012; Puric et al., 2017). Ces études suggèrent globalement que l'ampleur des avantages attentionnels et exécutifs dépend du degré d'exposition à la L2 et du niveau de compétence en L2 acquis dans le cadre du programme immersif. Ces résultats ne corroborent néanmoins pas ceux de Simonis et al. (2019) qui suggèrent que le degré et la durée d'exposition à la L2 durant le programme immersif n'influencent pas positivement le fonctionnement exécutif des immergés. Simonis et al. (2019) n'observent pas d'avantages en faveur des immergés exposés depuis 5 à 7 ans à l'anglais ou au néerlandais dans des tâches d'inhibition interférente. Les résultats de Nicolay, Noël et Poncelet (non-publié) vont dans le même sens et ne montrent aucun effet en faveur des immergés exposés à 7 ans à l'anglais comparativement aux non-immersés dans des tâches mesurant l'alerte, l'attention sélective auditive, l'attention divisée et la flexibilité cognitive.

L'objectif complémentaire des études 3 et 4 était de déterminer si un éventuel avantage en termes attentionnel et exécutif acquis via une éducation immersive de respectivement 1 an et 2 ans pourrait avoir une répercussion positive indirecte sur les habiletés académiques (arithmétiques) des enfants immergés. En ce qui concerne les enfants immergés depuis un an (étude 3), il apparaît que, malgré l'avantage observé dans la tâche d'attention sélective auditive, aucune différence de groupe n'a été observée pour la tâche d'arithmétique mesurant des habiletés de calcul (additions et

soustractions) et que donc l'avantage dans cette tâche attentionnelle ne semble pas avoir eu d'effets sur les habiletés arithmétiques. Rappelons qu'en fait, les traitements de nos données au moyen de statistiques inférentielles ont mis en évidence des performances marginalement inférieures chez les enfants immergés et au moyen de statistiques bayésiennes, des différences montrant un effet de groupe pouvant être interprété comme anecdotique et ne permettant donc pas de tirer une conclusion claire concernant ces résultats. En ce qui concerne les enfants immergés depuis 2 ans (étude 4), les résultats montrent par contre que les immergés ont des performances inférieures aux non immergés dans les tâches mesurant les habiletés à réaliser des additions et soustractions. Cet effet pourrait être attribué à une charge cognitive générale importante supportées par les immergés, charge qui serait engendrée par le traitement constant et intensif de la L2 dans le cadre immersif. Celle-ci pourrait influencer négativement leurs performances arithmétiques. Cette hypothèse est soutenue par les résultats de Magiste (1980) et Marsh et Mak (1976) qui montrent que l'acquisition d'une L2 engendre un ralentissement (et un nombre d'erreurs plus élevé) dans des tâches impliquant la résolution d'opérations mathématiques (additions et soustractions). D'autres facteurs sont également susceptibles d'avoir influencé ces résultats. Ces facteurs concernent les méthodes utilisées en classe pour faire acquérir les habiletés arithmétiques et le niveau de motivation des élèves pour apprendre ces compétences.

## ***Conclusions générales***

Au total, nos résultats suggèrent que les effets positifs présumés engendrés par le bilinguisme ne sont pas permanents mais semblent dépendre des pratiques spécifiques de la L2 (switching langagier et apprentissage d'une L2 dans un cadre immersif). Concernant l'objectif 1, nos résultats mettent en évidence que le switching est un facteur spécifique responsable des avantages bilingues par rapport au fonctionnement exécutif (flexibilité cognitive). L'influence de ce facteur sur le fonctionnement exécutif devrait être investigué davantage en évaluant aussi d'autres situations, à part le switching langagier fréquent, qui sollicitent intensivement le fonctionnement attentionnel et exécutif (par exemple la pratique d'un métier impliquant un changement non-langagier constant).

Concernant l'objectif 2, nos résultats indiquent que les bénéfices attentionnels et exécutifs engendrés par une éducation immersive de 3 ans (Nicolay et Poncelet, 2013a, 2015) émergent même après une exposition de seulement un 1 an. Cette amélioration fluctue néanmoins dans le temps étant donné qu'aucun effet n'est mis en évidence après 2 ans d'immersion linguistique précoce. La manière dont ces fonctions progressent au cours du développement des enfants en immersion reste néanmoins à déterminer. Une possibilité d'investiguer davantage la manière dont ces fonctions évoluent serait de suivre les mêmes enfants (immergés et monolingues) de la 1<sup>ère</sup> à la 6<sup>ème</sup> primaires et de les comparer en fin de chaque année scolaire en utilisant des tâches attentionnelles et exécutives standardisées pour lesquelles des avantages ont été observés (Nicolay & Poncelet, 2013a; 2015).









## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**



- Abdelilah-Bauer, B. (2006). *Le défi des enfants bilingues, grandir et vivre en parlant plusieurs langues*. Paris: La Découverte.
- Adesope, O. O, Lavin, T., Thompson, T., & Ungerleider, C. (2010). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Cognitive Correlates of Bilingualism. *Review of Educational Research, 80*, 207–245.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Harcourt Assessment.
- Antoniou K., Grohmann K. K., Kambanaros M., & Katsos N. (2016). The effect of childhood bilingualism and multilingualism on executive control. *Cognition, 149*, 18–30.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49*, 5–28.
- Baker, C. (2011). *Foundations of bilingual education and bilingualism*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Barbu, C., Gillet S., Orban, S., & Poncelet, M. (2018). The Impact of Language Switching Frequency on Attentional and Executive Functioning in Proficient Bilingual Adults. *Psychologica Belgica, 58*, 115–127.
- Barbu, C., Gonzalez, A., Gillet, S., & Poncelet, M. (2019). Cognitive Advantage in Children Enrolled in a Second-Language Immersion Elementary School Program for One Year. *Psychologica Belgica, 59*, 1–20.
- Barkley, R. A. (2012). *Executive Functions: What they are, how they work, and why they evolved*. New York: The Guildford Press.
- Baron, I. S. (2004). *Neuropsychological evaluation of the child*. New York. Oxford University Press.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*, 1641-1660.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences, 21*, 327-336.
- Bialystok, E. (2015). Bilingualism and the development of executive function: the role of attention. *Child Development, 9*, 117–121.

- Bialystok, E. (2009). Bilingualism: The good, the bad, and the indifferent. *Bilingualism: Language and Cognition*, 12, 3–11.
- Bialystok, E. (2015). Cognitive complexity and attentional control in the bilingual mind. *Child Development*, 70, 636–644.
- Bialystok, E. (2011). Reshaping the mind: the benefits of bilingualism. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 65, 229–235.
- Bialystok, E. (1992). Selective attention in cognitive processing. The bilingual edge. *Advances in Psychology*, 83, 501–513.
- Bialystok, E., & Barac, R. (2012). Emerging bilingualism: Dissociating advantages for metalinguistic awareness and executive control. *Cognition*, 122, 67–73.
- Bialystok, E., Craik, F. I. M., Klein, R., & Viswanathan, M. (2004). Bilingualism, aging and cognitive control: Evidence from the Simon task. *Psychology and Aging*, 19, 290–303.
- Bialystok, E., Craik, F. I. M., & Luk, G. (2008). Cognitive control and lexical access in younger and older bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 34, 859–873.
- Bialystok, E., Craik, F. I. M., & Ryan, J. (2006). Executive control in a modified antisaccade task: effects of aging and bilingualism. *Journal of Experimental Psychology*, 32, 1341–1354.
- Bialystok, E., & Martin, M. M. (2004). Attention and inhibition in bilingual children: Evidence from the dimensional change card sort task. *Developmental Science*, 7, 325–39.
- Bialystok, E., & Martin, M. M. (2003). Notation to symbol: Development in children's understanding of print. *Journal of Experimental Child Psychology*, 86, 223–43.
- Bialystok, E., Martin, M. M., & Viswanathan, M. (2005). Bilingualism across the lifespan: The rise and fall of inhibitory control. *International Journal of Bilingualism*, 9, 103–119.
- Bialystok, E., Poarch, G., Luo, L., & Craik, F. I. M. (2014). Effects of bilingualism and aging on executive function and working memory. *Psychology and Aging*, 29, 696–705.

- Bjorklund, S. (1997). Immersion in Finland in the 1990s. *A state of development and expansion*. In R. K. Jonhson and M. Swain (eds.), *Immersion education: International perspectives*, 85-101. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bloomfield, L. (1935). Linguistic aspects of science. *Philosophy of Science*, 2, 499–517.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129, 387–398.
- Brito, N. H., & Noble, K. G. (2014). Socioeconomic Status and Structural Brain Development. *Frontiers in Neuroscience*, 8, 276.
- Briquet, R. (2006). *L'immersion linguistique*. Bruxelles : Labor, coll. Pédagogie.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive Functions in Children Aged 6 to 13: A Dimensional and Developmental Study. *Developmental Neuropsychology*, 26, 571-593.
- Brysbart, M. (2013). LEXTALE\_FR: A fast, free, and efficient test to measure language proficiency in French. *Psychologica Belgica*, 53, 23-37.
- Bull, R. & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8, 36–41.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273–293.
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*, 33, 1–11.
- Butler, Y. G. (2013). *Bilingualism/multilingualism and second language acquisition*. In T. K. Bhatia & W. C. Ritchie (Eds.). *The handbook of bilingualism and multilingualism*. Malden: Blackwell.
- Cardebat D., Doyen, B., Puel, M., Goulet, & P., Joannette, Y. (1990). Evocation Lexicale Formelle et Sémantique chez des Sujets Normaux: Performance et Dynamique de Production en Fonction de Sexe, de l'âge et du Niveau d'études. *Acta Neurologica Belgica*, 90, 207-217.

- Carlson, S. M., & Meltzoff, A. N. (2008). Bilingual experience and executive functioning in young children. *Developmental Science, 11*, 282-298.
- Castel, A. D., Pratt, J., & Drummond, E. (2005). The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta Psychologica, 119*, 217-230.
- Clarkson, P. C., & Galbraith, P. (1992). Bilingualism and mathematics learning: Another perspective. *Journal for Research in Mathematics Education, 23*, 34-44.
- Coderre, E. L., & van Heuven, W. J. B. (2014). The effect of script similarity on executive control in bilinguals. *Frontiers in Psychology, 5*, 1-16.
- Collette, F. (2004). *Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale*. In T. Meulemans, F. Collette, & M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 25-51). Marseille : Solal.
- Collette, F., & Salmon, E. (2014). Les modifications du fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. *Psychologie française, 59*, 41-58.
- Comblain, A., & Rondal, J. A. (2001). *Apprendre les langues: où, quand, comment?* [Learning languages: where, when, how?]. Liège: Mardaga.
- Costa, A., Hernández, M., Costa-Faidella, J., & Sebastián-Gallés, N. (2009). On the bilingual advantage in conflict processing: Now you see it, now you don't. *Cognition, 113*, 135-149.
- Costa, A., Hernandez, M., & Sebastián-Gallés, N. (2008). Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANT task. *Cognition, 106*, 59-86.
- Costa, A., & Santesteban, M. (2004). Lexical access in bilingual speech production: Evidence from language switching in highly proficient bilinguals and L2 learners. *Journal of Memory and Language, 50*, 491-511.
- Costa, A., Pannunzi, M., Deco, G., & Pickering, M. J. (2017). Do bilinguals automatically activate their native language when they are not using it? *Cognitive Science, 1-16*.
- Cox, S. R., Bak, T. H., Allerhand, M., Redmond, P., Starr, J. M., Deary, I. J., & MacPherson, S. E. (2016). Bilingualism, social cognition and executive functions: a tale of chickens and eggs. *Neuropsychologia, 91*, 299-306.

- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education, 3*, 63-68.
- Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition, 162*, 923-931.
- da Rosa Piccolo, L., Arteche, A.X., Fonseca, R.P., Grassi-Oliveira, R., & Salles, J.F. (2016). Influence of family socioeconomic on IQ, language, memory and executive functions of Brazilian children. *Psicologia: Reflexão e Crítica, 29*, 23.
- Darcy, N. T. (1953). A review of the literature on the effects of bilingualism upon the measurement of intelligence. *Journal of Genetic Psychology, 82*, 21–57.
- Darcy, N. T. (1963). Bilingualism and the Measure of Intelligence: Review of a Decade of Research. *Journal of Genetic Psychology, 103*, 259–282.
- de Bruin, A., Treccani, B., & Della Sala, S. (2015). Cognitive advantage in bilingualism an example of publication bias? *Psychological Science, 26*, 99–107.
- De Leeuw, E., & Bogulski, C. A. (2016). Frequent L2 language use enhances executive control in bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition, 19*, 471–488.
- de Vos, T. (1992). *Tempo Test Rekenen*. [Arithmetic Speed Test]. Berkhout Nijmegen.
- Deforge, H. (2011). Prise en charge des troubles attentionnels et exécutifs chez l'enfant, la remédiation cognitive : pratiques et perspectives. *Développements, 8*, 5–20.
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, 64*, 135–168.
- Diamond, A., & Ling, S. L. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Development Cognitive Neuroscience, 18*, 34-48.

- Dijkstra, T., & van Heuven, W. J. B. (2002). The architecture of the bilingual word recognition system: from identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, 5, 175–197.
- Dijkstra T., & van Heuven W. J. B. (1998). “The BIA model and bilingual word recognition,” in *Localist Connectionist Approaches to Human Cognition*, eds Grainger J., Jacobs A., editors. (Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates), 189–225.
- Dong, Y., & Li, P. (2015). The cognitive science of bilingualism. *Language and Linguistics Compass*, 9, 1–13.
- Donnelly, S. (2016). *Re-examining the bilingual advantage on interference-control and task-switching tasks: A meta-analysis*. (Doctoral Dissertation). CUNY Academic Works.
- Duñabeitia, J. A., Hernández, J. A., Antón, E., Macizo, P., Estévez, A., Fuentes, L. J., & Carreiras, M. (2014). The inhibitory advantage in bilingual children revisited: Myth or reality? *Experimental Psychology*, 61, 234 –251.
- Dunn, L. M., & Dunn, L. M. (2005). *Peabody Picture Vocabulary Test-III-NL [Dutch adaptation of the Peabody Picture Vocabulary Test-Revised]*. Amsterdam, The Netherlands: Pearson Assessment and Information B.V.
- Dunn, L. M., & Dunn, L. M. (1997). *Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT) [Bulheller, S., & Häcker, H. O., 2003, Traduction]*. Circle Pines, MN: AGS.
- Dunn, L. M., Dunn, L. M., Whetton, C., & Pintilie, D. (1982). *BPVT: British Picture Vocabulary Test*. Windsor: Nelson.
- Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C. M., & Dunn, L. M. (1993). *EVIP: Echelle de Vocabulaire en Images Peabody [French adaptation of the Peabody Picture Vocabulary Test – Revised]*. Richmond Hill, Canada: Psycan.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 16, 143–149.
- Eurydice (2006). *L’enseignement d’une matière intégré à une langue étrangère (EMILE) à l’école en Europe*. Analyse comparative. Bruxelles, Commission européenne.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J., (1999). ERP components in go/no-



- go tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, *101*, 267–291.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 340–347.
- Fernandez, M., Acosta, A., Douglass, K., Doshi, N., & Tartar, J. L. (2014). Speaking two languages enhances an auditory but not a visual neural marker of cognitive inhibition. *AIMS Neuroscience*, *1*, 145–157.
- Fernandez, M., Tartar, J. L., Padron, D., & Acosta, J. (2013). Neurophysiological marker of inhibition distinguishes language groups on a non-linguistic executive function test. *Brain and Cognition*, *83*, 330–336.
- Flavell, J. H, Flavell, E.R. & Green. F.L. (1983). Development of the appearance reality distinction. *Cognitive Psychology*, *15*, 95–120.
- Fleckenstein, J., Gebauer, S.K, & Möller, J. (2019). Promoting mathematics achievement in one-way immersion: Performance development over four years of elementary school. *Contemporary Educational Psychology*, *56*, 228–23.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology*, *133*, 101–135.
- Friso-van den Bos, I., van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, *10*, 29-44.
- Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development*, *10*, 483–527.
- Gaulin C. A, & Campbell T. F. (1994). Procedure for assessing verbal working memory in normal school age-children: Some preliminary data. *Perceptual and Motor Skills*, *79*, 55–64.
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J. & Diamond A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 2-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, *53*, 129–153.
- Gillet, S., Barbu, C., Trommenschlager, & Poncelet, M. (en préparation). *Exploration de l'impact de l'immersion linguistique scolaire précoce en*

*néerlandais sur le contrôle attentionnel.* Université de Liège.

- Gilmore, C., Keeble, S., Richardson, S., & Cragg, L. (2015). The role of cognitive inhibition in different components of arithmetic. *ZDM, 47*, 771–782.
- Gölitz, D., Roick, T., & Hasselhorn, M. (2006). *DEMAT 4. Deutscher Mathematiktest fürvierte Klassen [DEMAT 4. German mathematics test for fourth grade]*. Göttingen: Hogrefe.
- Gottardo, A., & Grant, A. (2008). *Defining bilingualism*. *Encyclopedia of Language and Literacy Development*, 1–7.
- Graham, V. T. (1926). The intelligence of Chinese children in San Francisco. *Journal of Comparative Psychology, 6*, 43–71.
- Graham V. T. (1925). The intelligence of Italian and Jewish children in the Habit Clinics of the Massachusetts Division of Mental Hygiene. *Journal of Abnormal and Social Psychology, 20*, 371–376.
- Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 404.
- Green, D.W. (1998). Mental control of the bilingual lexico-semantic system. *Bilingualism: Language and Cognition, 1*, 67–81.
- Green, D. W., & Abutalebi, J. (2013). Language control in bilinguals: the adaptive control hypothesis. *Journal of Cognitive Psychology, 25*, 515–530.
- Grundy, J. G., & Timmer, K. (2016). Bilingualism and working memory capacity: A comprehensive meta-analysis. *Second Language Research, 33*, 325-340.
- Guo, T., Peng, D., & Liu, Y. (2005). The role of phonological activation in the visual semantic retrieval of Chinese characters. *Cognition, 98*, B21–B34.
- Gupta, P., Lipinski, J., Abbs, B., Lin, P.H., Aktunc, E., Ludden, D., Martin, N., & Newman, R. (2004). Space aliens and nonwords: Stimuli for investigating the learning of novel word-meaning pairs. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 36*, 599–603.
- Hackman, D. A., Gallop, R., Evans, G. W., & Farah, M. J. (2015). Socioeconomic status and executive function: developmental trajectories and mediation. *Developmental Sciences, 18*, 686–702.

- Hakuta, K. (1986). *Mirror of language: The debate on bilingualism*. New York: Basic Books.
- Hallett, P. E. (1978). Primary and secondary saccades to goals defined by instructions. *Vision Research*, *18*, 1279–1296.
- Hartanto, A., & Yang, H. (2016). Disparate bilingual experiences modulate task-switching advantages: A diffusion-model analysis of the effects of interactional context on switch costs. *Cognition*, *150*, 10–19.
- Hilchey, M. D., & Klein, R. M. (2011). Are there bilingual advantages on nonlinguistic interference tasks? Implications for the plasticity of executive control processes. *Psychonomic Bulletin and Review*, *18*, 625–658.
- Hoshino, N., & Kroll, J. F. (2008). Cognate effects in picture naming: does cross-language activation survive a change of script? *Cognition*, *106*, 501–511.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a Latent Variable Analysis. *Neuropsychologia*, *44*, 2017–2036.
- Ibrahim, R., Shoshani R., Prior, A., Prior, A., & Share, D. (2013). Bilingualism and measures of spontaneous and cognitive flexibility. *Psychology*, *4*, 1–10.
- Iluz-Cohen, P., & Armon-Lotem, S. (2013). Language proficiency and executive control in bilingual children, *Bilingualism: Language and Cognition*, *16*, 884–899.
- Jones, W., & Stewart, W. (1951). Bilingualism and verbal intelligence. *British Journal of Psychology*, *4*, 3–8.
- Kalashnikova, M., & Mattock, K. (2014). Maturation of executive functioning skills in early sequential bilingualism. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, *17*, 111–123.
- Kaushanskaya, M., Gross, M., & Buac, M. (2014). Effects of classroom bilingualism on task shifting, verbal memory, and word learning in children. *Developmental Science*, *17*, 564–583.
- Kroll, J. F., Bobb, S. C., Misra, M., & Guo, T. (2008). Language selection in bilingual speech: Evidence for inhibitory processes. *Acta Psychologica*, *128*, 416–430.

- Kroll, J. F., Van Hell, J. G., Tokowicz, N., & Green, D. (2010). The revised hierarchical model: A critical review and assessment. *Bilingualism: Language and Cognition*, *13*, 373–381.
- Lambert. W. E. & Tucker, G. R. (1972). *Bilingual education of children: The St. Lambert experiment*. Rowley, Mass.: Newbury House.
- Landry, R. & Allart, R. (1984). Bilinguisme additive, bilinguisme soustractif et identité ethnolinguistique. *Recherches sociologiques*, *15*, 337–358.
- Lavoie, G., & Laurendeau, M. (1960). *Test collectif d'intelligence générale (formules A et B)*. Montréal : Institut de Recherches psychologiques.
- Leclercq, M., & Zimmermann, P. (2000). *L'évaluation des fonctions attentionnelles*. In X. Seron & M. Van der Linden (Eds.), *Traité de neuropsychologie clinique : tome 1*. Marseille, France : Solal.
- Lee, M. D., & Wagenmakers, E.-J. (2014). *Bayesian cognitive modeling: A practical course*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*, 59–80.
- Lehtonen, M., Soveri, A., Laine, A., Järvenpää, J., de Bruin, A., & Antfolk, J. (2018). Is bilingualism associated with enhanced executive functioning in adults? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, *144*, 394–425.
- Lemhöfer, K., & Broersma, M. (2012). Introducing LexTALE: A Quick and Valid Lexical Test for Advanced Learners of English. *Behavior Research Methods*, *44*, 325-343.
- Lewis, D. G. (1959). Bilingualism and non-verbal intelligence: A further study of test results. *British Journal of Educational Psychology*, *29*, 17–22.
- Liu, H., Fan, N., Rossi, S., Yao, P., & Chen, B. (2016). The effect of cognitive flexibility on task switching and language switching. *International Journal of Bilingualism*, *20*, 563–579.
- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, A. J., & Wagenmakers, E.-J. (2015). JASP (Version 0.7).
- Luk, G, Bialystok E, Craik F, & Grady C. (2011). Lifelong bilingualism maintains

white matter integrity in older adults. *Journal of Neuroscience*, *31*, 16808–16813.

Lukács, Á., Ladányi, E., Fazekas, K., & Kemény, F. (2015). Executive functions and the contribution of short-term memory span in children with specific language impairment. *Neuropsychology*, Advance online publication.

MacNamara, J. (1966). *Bilingualism and primary education*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

Magiste, E. (1980). Arithmetic calculations in monolinguals and bilinguals. *Psychological Research*, *42*, 363–373.

Manuel, H. T. (1935). A comparison of Spanish-speaking and English-speaking children in reading and arithmetic. *Journal of Applied Psychology*, *19*, 189–202.

Martin-Rhee, M., & Bialystok, E. (2008). The development of two types of inhibitory control in monolingual and bilingual children. *Bilingualism: Language and Cognition*, *11*, 81–93.

Marsh, L. G. & Mak, R. H. (1976). Efficiency of arithmetic operations in bilinguals as a function of language. *Memory and Cognition*, *4*, 459–464.

Marzecová, A., Asanowicz, D., Kriva, L. U., & Wodniecka, Z. (2012). The effects of bilingualism on efficiency and lateralization of attentional networks. *Bilingualism: Language and Cognition*, *16*, 608–623.

Meuter, R. F. I., & Allport, A. (1999). Bilingual language switching in naming: Asymmetrical costs of language selection. *Journal of Memory and Language*, *40*, 25–40.

Mishra, R. K., Hilchey, M. D., Singh, N., & Klein, R. M. (2012). On the time course of exogenous cueing effects in bilinguals: higher proficiency in a second language is associated with more rapid endogenous disengagement. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*, 1502–1510.

Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49–100.

Monette, S., Bigras, M., & Guay, M. C. (2011). The role of executive functions in

school achievement at the end of grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, *109*, 158-173.

Moreno, S., Wodniecka, Z., Tays, W., Alain, C., & Bialystok, E. (2014). Inhibitory control in bilinguals and musicians: Event related potential (ERP) evidence for experience-specific effects. *PLoS ONE*, *9*, e94169.

Mosca, M., & de Bot, K. (2017). Bilingual language switching: production vs. recognition. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1–18.

Nicolay, A.C., Noël, S., & Poncelet, M. *Exploration of long-term cognitive advantage for young bilingual adults formerly enrolled in an early second-language immersion education*. Non-published manuscript. Université de Liège, Liège, Belgique.

Nicolay, A. C., & Poncelet, M. (2013a). Cognitive advantage in children enrolled in a second-language immersion elementary school program for 3 years. *Bilingualism: Language and Cognition*, *16*, 597-607.

Nicolay, A. C., & Poncelet, M. (2013b). Cognitive abilities underlying second-language vocabulary acquisition in an early second-language immersion education context: A longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *115*, 655-671.

Nicolay, A. C., & Poncelet, M. (2015). Cognitive benefits in children enrolled in an early bilingual immersion school: A follow up study. *Bilingualism: Language and Cognition*, *18*, 789–795.

Nieuwenhuis, S, Yeung, N, Van den Wildenberg, W, & Ridderinkhof, K.R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a Go/NoGo task: Effects of response conflict and trial-type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *3*, 17–26.

Nishat T. (2015). *Influence of bilingualism on simple arithmetic*. Non-published thesis. Florida Atlantic University, Boca Raton, FL.

O Duibhir, P. (2009). *The spoken Irish of sixth-class pupils in Irish immersion schools*. Dissertation thesis, Trinity College, Dublin.

Oschwald, J. Schättin, A. von Bastian, C. C. & Souza, A. S. (2018). Bidialectalism and Bilingualism: Exploring the Role of Language Similarity as a Link Between Linguistic Ability and Executive Control. *Frontiers in Psychology*, *9*.

- Paap, K. R. (2019). *Bilingualism in cognitive science*. In A. De Houwer & L. Ortega (Eds.), *Handbook of Bilingualism*. Cambridge University Press.
- Paap, K. R., Darrow, J., Dalibar, C., & Johnson, H. A. (2014). Effects of script similarity on bilingual advantages in executive control are likely to be negligible or null. *Frontiers in Psychology, 5*, 1539.
- Paap, K. R., & Greenberg, Z. I. (2013). There is no coherent evidence for a bilingual advantage in executive processing. *Cognitive Psychology, 66*, 232–258.
- Paap, K. R., Johnson, H., & Sawi, O. (2014). Are bilingual advantages dependent upon specific tasks or specific bilingual experiences? *Journal of Cognitive Psychology, 26*, 615–639.
- Paap, K. R., Johnson, H. A., & Sawi, O. (2015). Bilingual advantages in executive functioning either do not exist or are restricted to very specific and undetermined circumstances. *Cortex, 69*, 265–278.
- Paap, K. R., & Sawi, O. (2016). The role of test-retest reliability in measuring individual and group differences in executive functioning. *Journal of Neuroscience Methods, 1*, 81–93.
- Peal E., & Lambert, W. (1962). The relation of bilingualism to intelligence. *Psychological Monographs, 76*, 1–23.
- Peng, P., Congying, S., Beilei, L., & Sha, T. (2012). Phonological storage and executive function deficits in children with mathematics difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 112*, 452–466.
- Poarch, G. J., & van Hell, J. G. (2012). Executive functions and inhibitory control in multilingual children: Evidence from second-language learners, bilinguals, and trilinguals. *Journal of Experimental Psychology, 113*, 535–551.
- Prior, A. & Gollan, T. H. (2011). Good language-switchers are good task-switchers: evidence from Spanish-English and Mandarin-English bilinguals. *Journal of the International Neuropsychological Society, 17*, 1–10.
- Prior, A., & MacWhinney, B. (2010). A bilingual advantage in task switching. *Bilingualism: Language and Cognition, 13*, 253-262.
- Puric, D., Vuksanovic, J., & Chondrogianni, V. (2017). Cognitive advantages of immersion education after 1 year: Effects of amount of exposure. *Journal of Experimental Child Psychology, 159*, 296–309.

- Raven, J. C., Court J. H, & Raven, J. (1982). *Manual for Raven Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. London: Lewis.
- Raven, J. C., Court, J. H., & Raven, J. (1998). *Progressive coloured matrices*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Rey-Mermet, A., Gade, M., & Oberauer, K. (2017). Should we stop thinking about inhibition? Searching for individual and age differences in inhibition ability. *Journal of Experimental Psychology*. Advance online publication.
- Robertson, I. H., Ward, T., Ridgeway, V., & Nimmo-Smith, I. (1996). The structure of normal human attention: The test of everyday attention. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2, 525–534.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 124, 207–231.
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Pappert-Lercari, L., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42, 1029–1040.
- Saer, D. J. (1923). The effects of bilingualism on intelligence. *British Journal of Psychology*, 14, 25–38.
- Salvatierra, J.L. & Rosselli, M. (2010). The Effect of Bilingualism and Age on Inhibitory Control. *International Journal of Bilingualism* 15, 26–37.
- Scalf, P. E., Torralbo, A., Tapia, E., & Beck, D. M. (2013). Competition explains limited attention and perceptual resources: Implications for perceptual load and dilution theories. *Frontiers in Psychology*, 4, 243.
- Seçer, I. (2016). Skills of cognitive flexibility in monolingual and bilingual younger adults. *The Journal of General Psychology*, 143, 172–184.
- Simon, J. R. (1969). Reactions towards the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 174–176.
- Simon, J. R., & Ruddell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51, 300–304.
- Simon, J. R., & Wolf, J. D. (1963). Choice reaction times as a function of angular stimulus-response correspondence and age. *Ergonomics*, 6, 99–105.



- Simonis, M. (2019). *The cognitive profile of children enrolled in content and language integrated learning in French-speaking Belgium*. Non-published doctoral thesis (chap 5). University of Louvain-La-Neuve.
- Simonis, M., Galand, B., Hiligsmann, Ph., Van der Linden, L., & Szmalec, A. (2019). No measurable evidence for a clear executive control advantage in bilingual immersion education. *Language and Cognition*, 1-16.
- Soveri, A., Lehtonen, M., Karlsson, L. C., Lukasik, K., Antfolk, J., & Laine, M. (2018). Test–retest reliability of five frequently used executive tasks in healthy adults. *Applied Neuropsychology*, 25, 155–165.
- Soveri, A., Rodriguez-Fornells, A., & Laine, M. (2011). Is there a relationship between language switching and executive functions in bilingualism? Introducing a within group analysis approach. *Frontiers in Psychology*, 2, 183-190.
- Strommen, E. A. (1973). Verbal self-regulation in a children’s game: impulsive errors on ‘Simon Says’. *Child Development*, 44, 849–853.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.
- Sullivan, M. D., Janus, M., Moreno, S. Astheimer, L. & Bialystok, E. (2014). Second-language learning improves executive control: Evidence from ERP. *Brain and Language*, 139, 84–98.
- Tucha, O., Smely, C., Preier, M., & Lange, K. W. (2000). Cognitive Deficits before Treatment among Patients with Brain Tumors. *Neurosurgery*, 47, 324–333.
- Turnbull, M., Hart, D., & Lapkin, S. (2000). *French immersion students' performance on grade 3 and grade 6 provincial tests: Potential impacts on program design*. Toronto, ON: Final report submitted to Education Quality and Accountability Office (EQAO).
- Valian, V. (2015). Bilingualism and cognition. Bilingualism: *Language and Cognition*, 18, 3–24.
- Van Der Linden, M., Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andrès, P., & Prairial, C. (2000). *L'évaluation des fonctions exécutives*. In : X. Seron & M. Van der Linden (Eds.), *Traité de Neuropsychologie Clinique*. Solal : Marseille.

- van Heuven W. J. B., Dijkstra T., & Grainger J. (1998). Orthographic neighborhood effects in bilingual word recognition. *Journal of Memory and Language*, *39*, 458–483.
- Verburgh, L., Scherder, E. J, van Lange, P. A., & Oosterlaan, J. (2014). Executive Functioning in Highly Talented Soccer Players. *PLoS ONE*, *9*, e91254.
- Verreyt, N., Woumans, E., Vandelanotte, D., Szmalec, A., & Duyck, W. (2016). The influence of language switching experience on the bilingual executive control advantage. *Bilingualism: Language and Cognition*, *19*, 181–190.
- von Bastian, C.C., Sousa, A. S. & Gade, M. (2015). No evidence for bilingual cognitive advantages: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology*, *145*, 246–258.
- Wagenmakers, E.-J. (2007). A practical solution to the pervasive problem of p values. *Psychonomic Bulletin and Review*, *14*, 779–804.
- Wagenmakers, E.-J., Verhagen, J., Ly, A., Bakker, M., Lee, M. D., Matzke, D., Rouder, J. N., & Morey, R. D. (2015). A power fallacy. *Behavioral Research Methods*, *47*, 913–917.
- Walch, L.P. (2012). Approche neuropsychologique du fonctionnement attentionnel chez un ancien grand prématuré âgé de 10 ans. *Développements*, *11*, 15–23.
- Wang, S. L. (1926). A demonstration of the language difficulty involved in comparing racial groups by means of verbal intelligence tests. *Journal of Applied Psychology*, *10*, 102–106.
- Waris, O., Soveri, A., Ahti, M., Hoffing, R. C., Ventus, D., Jaeggi, S. M., Seitz, A. R., & Laine, M. (2017). A latent factor analysis of working memory measures using large-scale data. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1–14.
- Wechsler, D. (1955). *Manual for the Wechsler adult intelligence scale (WAIS)*. New York: The Psychological Corporation.
- Woumans, E., Surmont, J., & Struys, S. (2016). The longitudinal effect of bilingual immersion schooling on cognitive control and intelligence. *Language Learning*, *66*, 76-91.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-

analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1–9.

Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1, 297–301.

Zelazo P. D., Frye, D, & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 11, 37–63.

Zimmermann, P., & Fimm, B. (2009). TAP: *Test for Attentional Performance – version 2.1*. Herzogenrath: Psytest.

Zimmermann, P., Gondan, M., & Fimm, B. (2002). KiTAP: *Test of attentional performance in children*. Herzogenrath: Psytest.

Zhou, B., & Krott, A. (2016). Data trimming procedure can eliminate bilingual cognitive advantage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 1221–1230.

Zuk, Z., Benjamin, C., Kenyon, A., & Gaab, N. (2014). Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non-musicians. *PLoS ONE*, 9(6).







# **ANNEXES**





## Appendix 1

Language questionnaire given to participants

# Questionnaire langagier

## I.DONNEES PERSONNELLES

Nom et prénom :

Sexe :

Nationalité :

Date et lieu de naissance :

Langue maternelle :

Lieu de résidence :

Niveau d'études :

Profession :

1. Pouvez-vous lister toutes les langues que vous connaissez de celle que vous maîtrisez le mieux (Langue 1 = normalement la langue maternelle) à celle que vous pensez maîtriser le moins bien. Toutes les lignes ne doivent pas nécessairement être complétées.

Echelle de maîtrise :

Langue 1.....

Langue 2.....

Langue 3.....

Langue 4.....

Langue 5.....

Langue 6.....

2. Pouvez-vous lister toutes les langues que vous connaissez de celle que vous utilisez

le plus à celle que vous utilisez le moins. Toutes les lignes ne doivent pas nécessairement être complétées.

Echelle d'utilisation :

Langue 1.....

Langue 2.....

Langue 3.....

Langue 4.....

Langue 5.....

Langue 6.....

## II.HISTOIRE LINGUISTIQUE DE LA FAMILLE

	Mère	Père	Frère (1)	Frère (2)	Frère (3)	Soeur (1)	Soeur (2)	Soeur (3)	Grands- parents paternels	Grands- parents maternels
Lieu de naissance										
Nationalité										
Lieu de résidence										
Profession										
Langue(s) parlée(s) habituellement										
Langue(s) connue(s)										

Commentaire.....

### III.HISTOIRE LINGUISTIQUE PERSONNELLE

1. Langue de la communauté linguistique

.....

2. Langue parlée à la maison durant l'enfance et l'adolescence :

.....

3. Langue parlée avec la mère

.....

4. Langue parlée avec le père

.....

5. Langue parlée avec les frères et sœurs

.....

6. Langue parlée actuellement à la maison (si vous n'habitez plus chez vos parents) :

.....

7. Langue(s) dans laquelle (lesquelles) vous avez suivi l'école pour chaque niveau de scolarité :

Crèche (de 0 à 3 ans) :

Maternelle (de 3 à 6 ans) :

Primaire (de 6 à 12 ans) :

Secondaire (de 12 à 18 ans) :

Supérieur (après 18 ans) :

Commentaire.....

## 8. Apprentissage d'une (voire plusieurs) langue(s) étrangère(s) à l'école

	De 0 à 3 ans			De 3 à 6 ans (Maternelle)			De 6 à 12 ans (Primaire)			De 12 à 18 ans (Secondaire)			Après 18 ans
Laquelle (Lesquelles)?													
Nombre d'heures par semaine	L (1)	L (2)	L (3)	L (1)	L (2)	L (3)	L (1)	L (2)	L (3)	L (1)	L (2)	L (3)	
							1è P :	1è P :	1è P :	1è S :	1è S :	1è S :	
Durée?							2è P :	2è P :	2è P :	2è S :	2è S :	2è S :	
							3è P :	3è P :	3è P :	3è S :	3è S :	3è S :	
							4è P :	4è P :	4è P :	4è S :	4è S :	4è S :	
							5è P :	5è P :	5è P :	5è S :	5è S :	5è S :	
							6è P :	6è P :	6è P :	6è S :	6è S :	6è S :	

Commentaire.....



### 9. Exposition à une (voire plusieurs) langue(s) étrangère(s) hors de l'école

	De 0 à 12 ans			De 12 à 18 ans			Après 18ans		
Laquelle (lesquelles) ?									
Nombre d'heures par semaine	L (1)	L (2)	L (3)	L (1)	L (2)	L (3)	L (1)	L (2)	L (3)
Forme : Famille ? Cours du soir ? Stage ? Séjour(s) linguistique (s) (par ex, Erasmus)? Tourisme? Autres?									
Durée?									

Commentaire.....

10. Langue(s) utilisée(s) dans le contexte professionnel

.....

11. Dans quelle(s) langue(s) réalisez-vous habituellement ces activités ?

Compter (additionner, multiplier, ...)?

.....

Exprimer vos sentiments (par exemple de la colère ou de la tendresse)?

.....

Réfléchir ? .....

.....

Rêver ?.....

.....

12. Jouez-vous d'un instrument de musique ? OUI – NON. Si oui, lequel ?

Combien d'heures par semaine ? A quelle fréquence (par exemple 3 fois par mois) ?

.....

13. Jouez-vous à des jeux vidéo ? OUI – NON. Combien d'heures par semaine?

A quelle fréquence (par exemple 3 fois par mois pendant 2h) ?

.....

Commentaire.....

.....

14. Pratiquez-vous un sport(s) ? OUI-NON Le (s) quel (s) ? Combien d'heures par semaine ? A quelle fréquence (par exemple 3 fois par mois pendant 2h) ?

.....

Commentaire.....

.....

15. Pratique intensive d'une activité différente de celle(s) déjà indiquée(s) ? OUI  
– NON. Si oui, laquelle? Combien d'heures par semaine ? A quelle fréquence  
(par exemple 3 fois par mois pendant 2h) ?

.....

#### IV.MAITRISE DES LANGUES

##### 1. Langue 1 maîtrisée :

En fonction des échelles complétées à la page 1, vous choisirez la langue 1 de l'échelle de maîtrise:

.....

Contexte d'apprentissage (scolaire, familial, professionnel, séjour linguistique) :

Age d'apprentissage :

Nombre d'années de pratique :

Pour chacun des domaines concernés, estimez votre niveau de compétence (en cochant la case correspondante) :

EXPRESSION	Expression Orale	Expression écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire restreint, phrases courtes et incorrectes au niveau de la syntaxe)		
Basique + (vocabulaire restreint, phrases courtes et correctes au niveau de la syntaxe)		
Fluent (vocabulaire suffisant pour un certain nombre de situations, phrases de longueur normale mais erreurs occasionnelles)		
Avancée (vocabulaire suffisant pour la plupart des situations, phrases de longueur normale et pas d'erreurs)		
Maîtrise parfaite		

COMPREHENSION	Compréhension Orale	Compréhension écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire simple, phrases courtes et concrètes; lenteur d'expression nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation très fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Basique + (vocabulaire simple, phrases courtes et plus abstraites; lenteur d'expression encore nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Satisfaisante (vocabulaire plus riche, phrases de longueur normale; vitesse d'expression normale pour la compréhension orale ou utilisation moins fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		

Bonne (vocabulaire élaboré, phrases de longueur normale mais non-compréhension de toutes les subtilités de la langue ; vitesse d'expression rapide pour la compréhension orale ou utilisation d'un dictionnaire dans la langue cible pour la compréhension écrite)		
Excellente		

Concernant votre capacité de production orale, considérez-vous que vous parlez cette langue couramment? OUI-NON

## 2. Langue 1 utilisée :

En fonction des échelles complétées à la page 1, vous choisirez la langue 1 de l'échelle d'utilisation:

.....

Contexte d'apprentissage (scolaire, familial, professionnel, séjour linguistique) :

Age d'apprentissage :

Nombre d'années de pratique :

Pour chacun des domaines concernés, estimez votre niveau de compétence (en cochant la case correspondante) :

EXPRESSION	Expression orale	Expression écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire restreint, phrases courtes et incorrectes au niveau de la syntaxe)		
Basique + (vocabulaire restreint, phrases courtes et correctes au niveau de la syntaxe)		
Fluent (vocabulaire suffisant pour un certain nombre de situations, phrases de longueur normale mais erreurs occasionnelles)		
Avancée (vocabulaire suffisant pour la plupart des situations, phrases de longueur normale et pas d'erreurs)		
Maîtrise parfaite		

COMPREHENSION	Compréhension orale	Compréhension écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire simple, phrases courtes et concrètes; lenteur d'expression nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation très fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Basique + (vocabulaire simple, phrases courtes et plus abstraites ; lenteur d'expression encore nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Satisfaisante (vocabulaire plus riche, phrases de longueur normale ; vitesse d'expression normale pour la compréhension orale ou utilisation moins fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Bonne (vocabulaire élaboré, phrases de longueur normale mais non-compréhension de toutes les subtilités de la langue ; vitesse d'expression rapide pour la compréhension orale ou utilisation d'un		

dictionnaire dans la langue cible pour la compréhension écrite)		
Excellente		

Concernant votre capacité de production orale, considérez-vous que vous parlez cette langue couramment ? OUI-NON

### 3. Langue 2 maîtrisée :

En fonction des échelles complétées à la page 1, vous choisirez la langue 2 de l'échelle de maîtrise:

.....

Contexte d'apprentissage (scolaire, familial, professionnel, séjour linguistique) :

Age d'apprentissage :

Nombre d'années de pratique :

Pour chacun des domaines concernés, estimez votre niveau de compétence (en cochant la case correspondante) :

EXPRESSION	Expression orale	Expression écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire restreint, phrases courtes et incorrectes au niveau de la syntaxe)		
Basique + (vocabulaire restreint, phrases courtes et correctes au niveau de la syntaxe)		
Fluent (vocabulaire suffisant pour un certain nombre de situations, phrases de longueur normale mais erreurs occasionnelles)		
Avancée (vocabulaire suffisant pour la plupart des situations, phrases de longueur normale et pas d'erreurs)		
Maîtrise parfaite		

COMPREHENSION	Compréhension orale	Compréhension écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire simple, phrases courtes et concrètes; lenteur d'expression nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation très fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Basique + (vocabulaire simple, phrases courtes et plus abstraites ; lenteur d'expression encore nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Satisfaisante (vocabulaire plus riche, phrases de longueur normale ; vitesse d'expression normale pour la compréhension orale ou utilisation moins fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Bonne (vocabulaire élaboré, phrases de longueur normale mais non-compréhension de toutes les subtilités de la langue ; vitesse d'expression rapide pour la compréhension orale ou utilisation d'un		



dictionnaire dans la langue cible pour la compréhension écrite)		
Excellente		

Concernant votre capacité de production orale, considérez-vous que vous parlez cette langue couramment? OUI-NON

#### 4. Langue 2 utilisée :

En fonction des échelles complétées à la page 1, vous choisirez la langue 2 de l'échelle d'utilisation:

.....

Contexte d'apprentissage (scolaire, familial, professionnel, séjour linguistique) :

Age d'apprentissage :

Nombre d'années de pratique :

Pour chacun des domaines concernés, estimez votre niveau de compétence (en cochant la case correspondante) :

EXPRESSION	Expression orale	Expression écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire restreint, phrases courtes et incorrectes au niveau de la syntaxe)		
Basique + (vocabulaire restreint, phrases courtes et correctes au niveau de la syntaxe)		
Fluent (vocabulaire suffisant pour un certain nombre de situations, phrases de longueur normale mais erreurs occasionnelles)		
Avancée (vocabulaire suffisant pour la plupart des situations, phrases de longueur normale et pas d'erreurs)		
Maîtrise parfaite		

COMPREHENSION	Compréhension orale	Compréhension écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire simple, phrases courtes et concrètes; lenteur d'expression nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation très fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Basique + (vocabulaire simple, phrases courtes et plus abstraites ; lenteur d'expression encore nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Satisfaisante (vocabulaire plus riche, phrases de longueur normale ; vitesse d'expression normale pour la compréhension orale ou utilisation moins fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Bonne (vocabulaire élaboré, phrases de longueur normale mais non-		

compréhension de toutes les subtilités de la langue ; vitesse d'expression rapide pour la compréhension orale ou utilisation d'un dictionnaire dans la langue cible pour la compréhension écrite)		
Excellente		

Concernant votre capacité de production orale, considérez-vous que vous parlez cette langue couramment? OUI-NON

## 5. Langue 3 maîtrisée :

En fonction des échelles complétées à la page 1, vous choisirez la langue 3 de l'échelle de maîtrise:

.....

Contexte d'apprentissage (scolaire, familial, professionnel, séjour linguistique) :

Age d'apprentissage :

Nombre d'années de pratique :

Pour chacun des domaines concernés, estimez votre niveau de compétence (en cochant la case correspondante) :

EXPRESSION	Expression orale	Expression écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire restreint, phrases courtes et incorrectes au niveau de la syntaxe)		
Basique + (vocabulaire restreint, phrases courtes et correctes au niveau de la syntaxe)		
Fluent (vocabulaire suffisant pour un certain nombre de situations, phrases de longueur normale mais erreurs occasionnelles)		
Avancée (vocabulaire suffisant pour la plupart des situations, phrases de longueur normale et pas d'erreurs)		
Maîtrise parfaite		

COMPREHENSION	Compréhension orale	Compréhension écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire simple, phrases courtes et concrètes; lenteur d'expression nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation très fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Basique + (vocabulaire simple, phrases courtes et plus abstraites ; lenteur d'expression encore nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Satisfaisante (vocabulaire plus riche, phrases de longueur normale ; vitesse d'expression normale pour la compréhension orale ou utilisation moins fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Bonne (vocabulaire élaboré, phrases de longueur normale mais non-		

compréhension de toutes les subtilités de la langue ; vitesse d'expression rapide pour la compréhension orale ou utilisation d'un dictionnaire dans la langue cible pour la compréhension écrite)		
Excellente		

Concernant votre capacité de production orale, considérez-vous que vous parlez cette langue couramment? OUI-NON

## 6. Langue 3 utilisée :

En fonction des échelles complétées à la page 1, vous choisirez la langue 3 de l'échelle d'utilisation:

.....

Contexte d'apprentissage (scolaire, familial, professionnel, séjour linguistique) :

Age d'apprentissage :

Nombre d'années de pratique :

Pour chacun des domaines concernés, estimez votre niveau de compétence (en cochant la case correspondante) :

EXPRESSION	Expression orale	Expression écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire restreint, phrases courtes et incorrectes au niveau de la syntaxe)		
Basique + (vocabulaire restreint, phrases courtes et correctes au niveau de la syntaxe)		
Fluent (vocabulaire suffisant pour un certain nombre de situations, phrases de longueur normale mais erreurs occasionnelles)		
Avancée (vocabulaire suffisant pour la plupart des situations, phrases de longueur normale et pas d'erreurs)		
Maîtrise parfaite		

COMPREHENSION	Compréhension orale	Compréhension écrite
Très limitée (quelques mots)		
Basique (vocabulaire simple, phrases courtes et concrètes; lenteur d'expression nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation très fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Basique + (vocabulaire simple, phrases courtes et plus abstraites ; lenteur d'expression encore nécessaire pour la compréhension orale ou utilisation fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Satisfaisante (vocabulaire plus riche, phrases de longueur normale ; vitesse d'expression normale pour la compréhension orale ou utilisation moins fréquente du dictionnaire de traduction pour la compréhension écrite)		
Bonne (vocabulaire élaboré, phrases de longueur normale mais non-		

compréhension de toutes les subtilités de la langue ; vitesse d'expression rapide pour la compréhension orale ou utilisation d'un dictionnaire dans la langue cible pour la compréhension écrite)		
Excellente		

Concernant votre capacité de production orale, considérez-vous que vous parlez cette langue couramment? OUI-NON

## V.PRATIQUE PASSEE DES LANGUES

### 1. Fréquence d'utilisation des langues

Estimez le pourcentage moyen d'utilisation (dans le passé) de la première, deuxième et troisième langue (de l'échelle de maîtrise) en fonction de ces différents contextes. Le pourcentage total pour les trois langues doit atteindre 100%.

Production orale			
	A la maison	Dans le milieu scolaire/universitaire	Le reste du temps
	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3
Jusqu'à 12 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Entre 12 et 18	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Après 18 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%

Production écrite			
	A la maison	Dans le milieu scolaire/universitaire	Le reste du temps
	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3
Jusqu'à 12 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Entre 12 et 18	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Après 18 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%

Compréhension orale			
	A la maison	Dans le milieu scolaire/universitaire	Le reste du temps
	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3
Jusqu'à 12 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%



Entre 12 et 18	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Après 18 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%

Compréhension écrite			
	A la maison	Dans le milieu scolaire/universitaire	Le reste du temps
	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3	L1 / L2/ L3
Jusqu'à 12 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Entre 12 et 18	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%
Après 18 ans	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%	.....% .....% .....%

## VI. PRATIQUE ACTUELLE DES LANGUES

### 1. Fréquence d'utilisation des langues

1.1. Estimez à quelle fréquence vous utilisez la première, la deuxième et la troisième langue (en fonction de l'échelle de maîtrise) en entourant / complétant la réponse correspondante :

Production orale	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>

Production écrite	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>

Compréhension orale

<p>Première langue</p>	<p>Jamais            Chaque jour...fois par jour (par exemple :            Chaque jour 5 fois par jour)            Tous les.....jours.....fois par jour            Chaque semaine.....fois par semaine            Toutes les....semaines.....fois par semaine            Chaque mois.....fois par mois            Tous les.....mois.....fois par mois            Chaque année.....fois par année            Tous les.....ans.....fois par année</p>
<p>Deuxième langue</p>	<p>Jamais            Chaque jour...fois par jour (par exemple :            Chaque jour 5 fois par jour)            Tous les.....jours.....fois par jour            Chaque semaine.....fois par semaine            Toutes les....semaines.....fois par semaine            Chaque mois.....fois par mois            Tous les.....mois.....fois par mois            Chaque année.....fois par année            Tous les.....ans.....fois par année</p>
<p>Troisième langue</p>	<p>Jamais            Chaque jour...fois par jour (par exemple :            Chaque jour 5 fois par jour)            Tous les.....jours.....fois par jour            Chaque semaine.....fois par semaine            Toutes les....semaines.....fois par semaine            Chaque mois.....fois par mois            Tous les.....mois.....fois par mois            Chaque année.....fois par année            Tous les.....ans.....fois par année</p>

Compréhension écrite	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>

Ce comportement est-il constant dans le temps ? OUI / NON. Si oui, combien d'années d'affilée avez-vous présenté le même comportement ?

Si non, donnez des détails :

.....

1.2. Estimez le pourcentage moyen d'utilisation de la première, deuxième et troisième langue (en fonction de l'échelle de maîtrise) sur une certaine période. Le pourcentage total pour les trois langues doit atteindre 100%.

Si par exemple, vous utilisez les premières deux langues chaque jour, mais que cette règle ne s'applique pas pour la troisième langue également, pour l'estimation de cette dernière vous pouvez mettre 0.

Production orale			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Production écrite			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Compréhension orale			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Compréhension écrite			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Ce comportement est-il constant dans le temps ? OUI / NON. Si oui, combien d'années d'affilée avez-vous présenté le même comportement ?

Si non, donnez des détails :

.....  
.....

1.3. Estimez à quelle fréquence vous utilisez la première, la deuxième et la troisième langue (en fonction de l'échelle d'utilisation) en entourant / complétant la réponse correspondante :

Production orale	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>



Production écrite	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>

Compréhension orale	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>

Compréhension écrite	
Première langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Deuxième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>
Troisième langue	<p>Jamais</p> <p>Chaque jour...fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)</p> <p>Tous les.....jours.....fois par jour</p> <p>Chaque semaine.....fois par semaine</p> <p>Toutes les....semaines.....fois par semaine</p> <p>Chaque mois.....fois par mois</p> <p>Tous les.....mois.....fois par mois</p> <p>Chaque année.....fois par année</p> <p>Tous les.....ans.....fois par année</p>

Commentaire.....

Ce comportement est-il constant dans le temps ? OUI / NON. Si oui, combien d'années d'affilée avez-vous présenté le même comportement ?

Si non, donnez des détails :

.....

1.4. Estimez le pourcentage moyen d'utilisation de la première, deuxième et troisième langue (en fonction de l'échelle d'utilisation). Le pourcentage total pour les trois langues doit atteindre 100%.

Si par exemple, vous utilisez les premières deux langues chaque jour, mais que cette règle ne s'applique pas pour la troisième langue, pour l'estimation de cette dernière vous pouvez mettre 0.

Production orale			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Production écrite			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Compréhension orale			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Compréhension écrite			
	Première langue	Deuxième langue	Troisième langue
Sur un jour	.....%	.....%	.....%
Sur une semaine	.....%	.....%	.....%
Sur un mois	.....%	.....%	.....%
Sur une année	.....%	.....%	.....%

Ce comportement est-il constant dans le temps ? OUI / NON. Si oui, combien d'années d'affilée avez-vous eu le même comportement ?

Si non, donnez des détails :

.....  
.....

## 2. Apprentissage actuel des langues

2.1. Apprentissage actuel d'une (voire plusieurs) langue(s) étrangère(s) dans un cadre académique

Cours donnés en certaines langues	
Laquelle (Lesquelles)?	
Nombre d'heures par semaine	
Cours d'apprentissage des langues	
Laquelle (Lesquelles)?	
Nombre d'heures par semaine	

2.2. Apprentissage actuel d'une (voire plusieurs) langue(s) étrangère(s) hors d'un cadre académique :

Laquelle (lesquelles)?	
Nombre d'heures par semaine	
Forme : Famille ? Cours du soir ? Stage ? Séjour(s) linguistique(s) (par ex, Erasmus) ? Tourisme ? Autres ?	
Où ?	
Durée ?	

### 3. Switching langagier et code-switching

- Switching langagier = Passage d'une langue à l'autre en changeant de contexte
- Code-switching = Passage d'une langue à l'autre dans le cadre d'une même conversation

3.1. Estimez combien de fois vous passez d'une langue à l'autre en complétant la réponse correspondante :

	Langage switching		Code-switching	
Lundi	1:00 am.....	13:00 pm.....	1:00 am.....	13:00 pm.....
	2:00 am.....	14:00 pm.....	2:00 am.....	14:00 pm.....
	3:00 am.....	15:00 pm.....	3:00 am.....	15:00 pm.....
	4:00 am.....	16:00 pm.....	4:00 am.....	16:00 pm.....
	5:00 am.....	17:00 pm.....	5:00 am.....	17:00 pm.....
	6:00 am.....	18:00 pm.....	6:00 am.....	18:00 pm.....
	7:00 am.....	19:00 pm.....	7:00 am.....	19:00 pm.....
	8:00 am.....	20:00 pm.....	8:00 am.....	20:00 pm.....
	9:00 am.....	21:00 pm.....	9:00 am.....	21:00 pm.....
	10:00 am.....	22:00 pm.....	10:00 am.....	22:00 pm.....
	11:00 am.....	23:00 pm.....	11:00 am.....	23:00 pm.....
	12:00 am.....	24:00 pm.....	12:00 am.....	24:00 pm.....
Mardi	1:00 am.....	13:00 pm.....	1:00 am.....	13:00 pm.....
	2:00 am.....	14:00 pm.....	2:00 am.....	14:00 pm.....
	3:00 am.....	15:00 pm.....	3:00 am.....	15:00 pm.....
	4:00 am.....	16:00 pm.....	4:00 am.....	16:00 pm.....
	5:00 am.....	17:00 pm.....	5:00 am.....	17:00 pm.....
	6:00 am.....	18:00 pm.....	6:00 am.....	18:00 pm.....
	7:00 am.....	19:00 pm.....	7:00 am.....	19:00 pm.....
	8:00 am.....	20:00 pm.....	8:00 am.....	20:00 pm.....
	9:00 am.....	21:00 pm.....	9:00 am.....	21:00 pm.....
	10:00 am.....	22:00 pm.....	10:00 am.....	22:00 pm.....
	11:00 am.....	23:00 pm.....	11:00 am.....	23:00 pm.....
	12:00 am.....	24:00 pm.....	12:00 am.....	24:00 pm.....
Mercredi	1:00 am.....	13:00 pm.....	1:00 am.....	13:00 pm.....



	2:00 am..... 3:00 am..... 4:00 am..... 5:00 am..... 6:00 am..... 7:00 am..... 8:00 am..... 9:00 am..... 10:00 am..... 11:00 am..... 12:00 am.....	14:00 pm..... 15:00 pm..... 16:00 pm..... 17:00 pm..... 18:00 pm..... 19:00 pm..... 20:00 pm..... 21:00 pm..... 22:00 pm..... 23:00 pm..... 24:00 pm.....	2:00 am..... 3:00 am..... 4:00 am..... 5:00 am..... 6:00 am..... 7:00 am..... 8:00 am..... 9:00 am..... 10:00 am..... 11:00 am..... 12:00 am.....	14:00 pm..... 15:00 pm..... 16:00 pm..... 17:00 pm..... 18:00 pm..... 19:00 pm..... 20:00 pm..... 21:00 pm..... 22:00 pm..... 23:00 pm..... 24:00 pm.....
	Language switching		Code-switching	
Jeudi	1:00 am..... 2:00 am..... 3:00 am..... 4:00 am..... 5:00 am..... 6:00 am..... 7:00 am..... 8:00 am..... 9:00 am..... 10:00 am..... 11:00 am..... 12:00 am.....	13:00 pm..... 14:00 pm..... 15:00 pm..... 16:00 pm..... 17:00 pm..... 18:00 pm..... 19:00 pm..... 20:00 pm..... 21:00 pm..... 22:00 pm..... 23:00 pm..... 24:00 pm.....	1:00 am..... 2:00 am..... 3:00 am..... 4:00 am..... 5:00 am..... 6:00 am..... 7:00 am..... 8:00 am..... 9:00 am..... 10:00 am..... 11:00 am..... 12:00 am.....	13:00 pm..... 14:00 pm..... 15:00 pm..... 16:00 pm..... 17:00 pm..... 18:00 pm..... 19:00 pm..... 20:00 pm..... 21:00 pm..... 22:00 pm..... 23:00 pm..... 24:00 pm.....
Vendredi	1:00 am..... 2:00 am..... 3:00 am..... 4:00 am..... 5:00 am..... 6:00 am..... 7:00 am..... 8:00 am..... 9:00 am..... 10:00 am..... 11:00 am..... 12:00 am.....	13:00 pm..... 14:00 pm..... 15:00 pm..... 16:00 pm..... 17:00 pm..... 18:00 pm..... 19:00 pm..... 20:00 pm..... 21:00 pm..... 22:00 pm..... 23:00 pm..... 24:00 pm.....	1:00 am..... 2:00 am..... 3:00 am..... 4:00 am..... 5:00 am..... 6:00 am..... 7:00 am..... 8:00 am..... 9:00 am..... 10:00 am..... 11:00 am..... 12:00 am.....	13:00 pm..... 14:00 pm..... 15:00 pm..... 16:00 pm..... 17:00 pm..... 18:00 pm..... 19:00 pm..... 20:00 pm..... 21:00 pm..... 22:00 pm..... 23:00 pm..... 24:00 pm.....

Samedi	1:00 am.....	13:00 pm.....	1:00 am.....	13:00 pm.....
	2:00 am.....	14:00 pm.....	2:00 am.....	14:00 pm.....
	3:00 am.....	15:00 pm.....	3:00 am.....	15:00 pm.....
	4:00 am.....	16:00 pm.....	4:00 am.....	16:00 pm.....
	5:00 am.....	17:00 pm.....	5:00 am.....	17:00 pm.....
	6:00 am.....	18:00 pm.....	6:00 am.....	18:00 pm.....
	7:00 am.....	19:00 pm.....	7:00 am.....	19:00 pm.....
	8:00 am.....	20:00 pm.....	8:00 am.....	20:00 pm.....
	9:00 am.....	21:00 pm.....	9:00 am.....	21:00 pm.....
	10:00 am.....	22:00 pm.....	10:00 am.....	22:00 pm.....
	11:00 am.....	23:00 pm.....	11:00 am.....	23:00 pm.....
	12:00 am.....	24:00 pm.....	12:00 am.....	24:00 pm.....
Dimanche	1:00 am.....	13:00 pm.....	1:00 am.....	13:00 pm.....
	2:00 am.....	14:00 pm.....	2:00 am.....	14:00 pm.....
	3:00 am.....	15:00 pm.....	3:00 am.....	15:00 pm.....
	4:00 am.....	16:00 pm.....	4:00 am.....	16:00 pm.....
	5:00 am.....	17:00 pm.....	5:00 am.....	17:00 pm.....
	6:00 am.....	18:00 pm.....	6:00 am.....	18:00 pm.....
	7:00 am.....	19:00 pm.....	7:00 am.....	19:00 pm.....
	8:00 am.....	20:00 pm.....	8:00 am.....	20:00 pm.....
	9:00 am.....	21:00 pm.....	9:00 am.....	21:00 pm.....
	10:00 am.....	22:00 pm.....	10:00 am.....	22:00 pm.....
	11:00 am.....	23:00 pm.....	11:00 am.....	23:00 pm.....
	12:00 am.....	24:00 pm.....	12:00 am.....	24:00 pm.....

Fréquence de switching	
Switching langagier	Code-switching
Jamais	Jamais
..... fois par jour	..... fois par jour
..... fois par semaine	..... fois par semaine
..... fois par mois	..... fois par mois
.....fois par année	.....fois par année

Fréquence de switching langagier différente pendant le week-end ? OUI / NON

Si oui, donnez des détails :

.....  
.....

Fréquence de code-switching différente pendant le week-end ? OUI / NON

Si oui, donnez des détails :

.....  
.....

Ce comportement est-il constant dans le temps ? OUI / NON. Si oui, combien d'années d'affilée avez-vous eu le même comportement ?

Si non, donnez des détails :

.....  
.....

### 3.2. Switching langagier

Estimez à quelle fréquence vous passez d'une langue à l'autre (switching langagier) en entourant / complétant la réponse correspondante (vous devez répondre aux deux échelles):

Jamais	Jamais
Très rarement	Chaque jour...fois par jour (par exemple :
Rarement	Chaque jour 5 fois par jour)
Occasionnellement	Tous les.....jours.....fois par jour
Fréquemment	Chaque semaine.....fois par semaine
Très fréquemment	Toutes les....semaines.....fois par semaine
Tout le temps	Chaque mois.....fois par mois
	Tous les.....mois.....fois par mois
	Chaque année.....fois par année
	Tous les.....ans.....fois par année

3.3. Vous devez confirmer le chiffre donné (pour la fréquence de switching langagier) en comptant combien de fois vous passez d'une langue à l'autre au cours d'une même journée

Chiffre après confirmation :

3.4. Précisez dans quelle(s) situation(s) vous passez d'une langue à l'autre (langage switching) selon les contextes envisagés :

En famille

A l'école

Au travail

Le reste du temps (précisez dans quelle situation) :

3.5. Précisez les personnes avec qui vous avez l'occasion de passer d'une langue à l'autre (langage switching). Entourez la réponse correspondante:

Maman

Papa

Epoux/Epouse

Sœur/Sœurs

Frère/Frères

Amis

Autres personnes:

### 3.6. Code-switching

Estimez à quelle fréquence vous passez d'une langue à l'autre (code-switching) en entourant / complétant la réponse correspondante (vous devez répondre aux deux échelles):

Jamais	Jamais
Très rarement	Chaque jour....fois par jour (par exemple : Chaque jour 5 fois par jour)
Rarement	Tous les.....jours.....fois par jour
Occasionnellement	Chaque semaine.....fois par semaine
Fréquemment	Toutes les....semaines.....fois par semaine
Très fréquemment	Chaque mois.....fois par mois
Tout le temps	Tous les.....mois.....fois par mois
	Chaque année.....fois par année
	Tous les.....ans.....fois par année

3.7. Vous devez confirmer le chiffre donné (pour la fréquence de code-switching) en comptant combien de fois vous passez d'une langue à l'autre au cours d'une même journée

Chiffre après confirmation :

3.8. Précisez dans quelle situation vous passez d'une langue à l'autre (code-switching) selon les contextes envisagés :

En famille

A l'école

Au travail

Le reste du temps (précisez dans quelle(s) situation(s)) :

.....

3.9. Précisez les personnes avec qui vous avez l'occasion de passer d'une langue à l'autre (code-switching). Entourez la réponse correspondante:

Maman

Papa

Epoux/Epouse

Sœur/Sœurs

Frère/Frères

Amis

Autres personnes:

3.10. Spécifiez quelle est la situation de code-switching/switching langagier qui vous caractérise le plus pour le moment en entourant la réponse correspondante:

Je passe d'une langue à l'autre mentalement :

Jamais

Très rarement

Rarement

Occasionnellement

Fréquemment

Très fréquemment

Tout le temps

3.11. Si oui,

Changez-vous de langue d'une phrase à l'autre au sein de la même conversation ? OUI – NON

3.12. Mélangez-vous les deux langues au sein d'une même phrase ? OUI – NON

.....

3.13. Spécifiez quelle est la situation de code-switching qui vous caractérise le plus actuellement en complétant la réponse correspondante:

1) Je passe d'habitude de ..... (Langue) au ..... (Langue)

2) Je passe d'habitude de ..... (Langue) au ..... (Langue)

3.14. Spécifiez quelle est la situation de code-switching qui vous caractérise le plus actuellement en entourant la réponse correspondante:

Je passe d'une langue à l'autre quand j'écris :

Jamais

Très rarement

Rarement

Occasionnellement

Fréquemment

Très fréquemment

Tout le temps





## Appendix 2

### Anamnèse pour les enfants (à compléter par les parents)

#### Renseignements généraux

---

Nom de l'enfant : .....

Prénom de l'enfant : .....

Classe (année) : .....

Précisez si votre enfant a doublé une classe (si oui, quelle(s) classe(s) ?) : oui – non, .....

Est-ce que votre enfant a fréquenté régulièrement l'enseignement maternel ? .....

Date de naissance : .....

Langue maternelle, si plusieurs langues, précisez : .....

Langue parlée au domicile : .....

#### Histoire linguistique familiale

---

	Profession	Diplôme le plus haut obtenu	Langue(s) parlée(s) habituellement	Langue(s) connue(s)
Mère				
Père				

Votre enfant a-t-il été en contact régulier avec une autre langue (grand-parents, gardienne, etc.) ? oui / non

Si oui, précisez .....

#### Renseignements médicaux

---

Déroulement normal de la grossesse et de la naissance : oui / non

Si non, précisez les complications (dans le cas de prématurité, précisez le degré) : .....

.....

Audition normale : oui/non

Si non, précisez les corrections existantes : .....

Précisez également si votre enfant a fréquemment des otites : .....

Vue normale : oui/non

Si non, précisez le trouble et si votre enfant porte des lunettes : .....

Est-ce que votre enfant a déjà suivi un de ces traitements ? si oui, précisez la durée et le motif du suivi

- Traitements logopédiques : oui/non

- .....
- Suivi psychologique : oui/non

- .....
- Suivi en psychomotricité : oui/non

- .....
- Maladies ou accidents (traumatisme crânien, épilepsie,...) : oui/non

Si oui, précisez (dans le cas d'un traumatisme crânien, précisez s'il y a eu perte de connaissance) :

.....

.....

### Développement

---

Votre enfant a-t-il eu un développement normal

- de la marche (lorsque l'enfant réalise quelques pas consécutivement) :

- d'apparition des premiers mots :

- d'apparition des premières phrases à 2 mots :

.....

### Comportement

---

Est-ce que votre enfant éprouve des difficultés dans les domaines suivants ?

- Difficultés attentionnelles : oui/non

Si oui, précisez : .....

- Difficultés comportementales : oui/non

Si oui, précisez : .....

- Difficultés de mémoire : oui/non

Si oui, précisez : .....

Quantifiez le nombre d'heures par semaine que votre enfant passe

	(pas du tout)	(0 à 1h)	(1 à 4h)	(4 à 8h)	(8 à 12h)	(+ de 12h)
à jouer aux jeux vidéos :	0	1	2	3	4	5
à regarder la télévision :	0	1	2	3	4	5
à jouer à des jeux de société :	0	1	2	3	4	5
à pratiquer de la musique :	0	1	2	3	4	5
à pratique du sport (école comprise) :	0	1	2	3	4	5

à utiliser son GSM :	0	1	2	3	4	5
à fréquenter les réseaux sociaux :	0	1	2	3	4	5
à lire (en français, hors école) :	0	1	2	3	4	5
à lire (en néerlandais, hors école) :	0	1	2	3	4	5

**Pratique des langues**

---

Votre enfant suit-il un cours de langue extrascolaire (anglais ou autres) ?.....

Si oui, à quelle fréquence et pour l'apprentissage de quelle langue ?.....

Pratique d'activités extrascolaires dans une autre langue ?

.....

Veillez préciser (activités, langues, fréquence) : .....

**Pratique des langues à l'école**

Votre enfant suit actuellement une immersion scolaire de 75% - 50 % (entourez)

Ce pourcentage est-il le même depuis la 3<sup>ème</sup> maternelle : oui / non

Si non, précisez :

.....

.....

**Scolarité**

---

Sur une échelle de 1 à 5, pourriez-vous quantifier la motivation de votre enfant à apprendre de manière générale ?

1 (pas du tout)      2 (faible)      3 (moyenne)      4 (importante)      5 (très importante)

Sur une échelle de 1 à 5, pourriez-vous quantifier la motivation de votre enfant à apprendre l'anglais?

1 (pas du tout)      2 (faible)      3 (moyenne)      4 (importante)      5 (très importante)

**Coordonnées des parents :**

.....

.....

.....

Un tout grand MERCI pour votre précieuse collaboration dans ce projet visant à mieux comprendre le développement cognitif des enfants !