

Université de Montréal

**Le point sur l'avantage cognitif du bilinguisme :
Deux langues, deux mesures**

par François Anderson De Serres

Département de linguistique et de traduction, Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de
maîtrise ès arts en Linguistique

Décembre, 2019

© François Anderson De Serres, 2019

RÉSUMÉ

Le présent mémoire vise à éclaircir la question de l'avantage du bilinguisme sur les cognitions. Une revue de la littérature s'impose afin de départager si le fait de parler plus d'une langue entraîne ou non un quelconque avantage cognitif pouvant se généraliser ailleurs que dans la fonction langagière. Ce travail nécessitera une redéfinition exhaustive et moderne des concepts du bilinguisme et des fonctions exécutives comme objet de recherche de manière à cibler les aspects comportementaux, cognitifs et neurologiques en jeu dans la pluralité linguistique.

Mots-clés : bilinguisme, fonctions exécutives, cognition, inhibition, attention, acquisition, plasticité cérébrale.

ABSTRACT

The present thesis aims to clarify the bilingual cognitive advantage debate. A review of the scientific literature must be realized to determine if speaking more than one language truly generates a cognitive improvement which can generalize itself further than within the sole language faculty. This will necessitate a modern and exhaustive redefinition of bilingualism and executive functions as research concepts in order to target the behavioral, cognitive and neurologic aspects at stake within the plurality of language.

Keywords: bilingualism, executive functions, cognition, inhibition, attention, acquisition, cerebral plasticity.

Table des matières

GLOSSAIRE	5
NOTE AU LECTEUR	6
INTRODUCTION GÉNÉRALE	7
Chapitre 1 Notions Préliminaires.....	8
1. Bilinguisme	8
1.1. Évolution de la conception du bilinguisme	8
1.2. Évolution de la recherche sur le bilinguisme.....	9
1.3. Acquisition d'une L2.....	10
1.3.1. Âge d'acquisition.....	12
1.3.2. Diversité de l'usage langagier et facteurs sociaux.....	14
1.4. Modèle cognitif du langage	17
1.4.1 Modèles cognitifs du bilinguisme.....	19
1.5. Conclusion	22
2. Fonctions exécutives.....	22
2.1. Tester les fonctions exécutives	25
2.2. Théorie de l'esprit	28
2.2.1. Tester la théorie de l'esprit.....	29
2.2.2. Théorie de l'esprit et langage	30
2.2.3. Théorie de l'esprit et bilinguisme.....	31
2.2.4. Théorie de l'esprit et fonctions exécutives.....	32
Chapitre 2 Influence du bilinguisme sur la cognition	34
1. La recherche sur le bilinguisme et la cognition.....	34
1.1. Le débat quant aux fonctions exécutives.....	35
1.1.1. La ligne douce ou le débat nuancé	35
1.1.2. La ligne dure ou le débat catégorique.....	38
1.1.3. Ouverture sur le bidialectisme.....	39
2. Réévaluation des fonctions exécutives comme objet d'étude.....	40
2.1. Importance de la définition des fonctions exécutives en jeu	40
2.2. Fonctions exécutives et langage.....	41
3. Localisation des fonctions exécutives en jeu dans le bilinguisme	42
3.1. Le cortex cingulaire antérieur dorsal (dACC) et l'aire motrice pré-supplémentaire (pre-SMA).....	43
3.2. Le cortex préfrontal gauche	43

3.3. Le cortex frontal inférieur droit	44
3.4. Les lobules pariétaux inférieurs	44
3.5. Autres aires cérébrales.....	45
4. Conclusion.....	45
Chapitre 3 L'impact clinique et les considérations pour la recherche	47
1. Considérations importantes pour la recherche	47
1.1. Spécificité du changement de code (<i>code-switching</i>)	47
1.2. Validité écologique et changement de langue	48
1.3. Phénomène du chemin de jardin (<i>Garden-path</i>).....	49
1.4. Grammaire et activation variable	51
1.5. Note sur le bilinguisme bimodal et la production simultanée de deux langues.....	52
2. Fonctions exécutives, vieillissement et pathologies	53
2.1. Vieillissement	53
2.2. Réserve cognitive et neuronale	54
2.3. Parkinson	56
2.4. Alzheimer et démence	60
3. Conclusion.....	60
DISCUSSION GÉNÉRALE.....	62
RÉFÉRENCES	65
ANNEXES.....	82

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur, Daniel Valois, pour son aide précieuse tout au long de mon parcours académique aux cycles supérieurs. Je garde un bon souvenir de nos discussions enrichissantes me redonnant la motivation me faisant parfois défaut. Je remercie aussi Denis Bouchard qui a su ouvrir mes horizons vers la linguistique et l'univers académique qui s'y rattache.

Je suis aussi très reconnaissant envers Lori Morris qui m'a beaucoup soutenu au début de mon parcours en linguistique. Je garde un bon souvenir de ses enseignements et de son humanité qui m'ont profondément touché.

Je remercie aussi ma conjointe et ma famille qui m'ont supporté durant ce long processus.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AD : Maladie d'Alzheimer (*Alzheimer's disease*)

EF: Fonctions exécutives (*Executive functions*)

EC: Contrôle exécutif (*Executive control*)

TOM: Théorie de l'esprit (*Theory of mind*)

ACC : Cortex cingulaire antérieur (*anterior cingulate cortex*)

dACC : Cortex cingulaire antérieur dorsal (*dorso anterior cingulate cortex*)

dIPFC : Aire dorsolatérale du cortex préfrontal (*dorsolateral prefrontal cortex*)

vIPFC : Aire ventrolatérale du cortex préfrontal (*ventrolateral prefrontal cortex*)

STG : Gyrus temporal supérieur (*superior temporal gyrus*)

pSTG : Cortex temporal postérieur (*posterior temporal cortex*)

IFG : Gyrus frontal inférieur (*inferior frontal gyrus*)

GMV : Volume de matière grise (*grey matter volume*)

DLC : Contexte à deux langues (*dual-language context*)

SLC : Contexte une seule langue (*single-language context*)

ERP : Potentiels évoqués (*Event-related potentials*)

TMS : Stimulation magnétique transcrânienne (*Transcranial magnetic stimulation*)

L1 : Langue maternelle

L2 : Langue seconde

GLOSSAIRE

- Plasticité cérébrale (*neuroplasticity*):

Reconfiguration neuronale en réponse aux exigences de l'environnement, entraînée soit par une demande motrice spécifique ou cognitive

- Comportement moteur (*motor behavior*):

Étude de l'apprentissage, du contrôle et du développement des habiletés motrices au travers de différentes activités

- Conscience phonologique (*phonological awareness*):

Habilité à identifier et manipuler les unités du langage oral comme les mots, les syllabes, les rimes et les commencements de locutions (*onsets*)

- Bilinguisme simultané:

Apprendre deux langues concurremment depuis la naissance

- Bilinguisme séquentiel:

Apprentissage d'une deuxième langue après la première

- Contrôle cognitif ou contrôle exécutif:

Habilité à réguler l'activité mentale afin de résoudre le traitement d'informations potentiellement conflictuelles (Teubner-Rhodes et al., 2016)

- Théorie de l'esprit :

Capacité à interpréter les états mentaux des autres personnes de son environnement comme les intentions, les croyances et les désirs (Goetz, 2003)

NOTE AU LECTEUR

Les abréviations employées dans ce texte sont majoritairement anglaises. Une traduction est offerte à chaque première utilisation. Ce choix a été fait principalement pour simplifier la tâche d'identification des aires cérébrales dont l'utilisation anglaise est plus communément utilisée.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'acquisition d'une deuxième langue représente un phénomène particulièrement intéressant et ce à plusieurs niveaux. Un grand nombre de recherches sur le bilinguisme dénotent un avantage au niveau cognitif chez les locuteurs de plus d'une langue par rapport aux locuteurs unilingues. Les découvertes les plus saillantes à ce sujet concernent les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit mais on ne détient toutefois pas un portrait global et défini de l'ensemble des variations du spectre de la cognition caractérisant le bilinguisme. La réalisation d'une revue de la littérature à ce sujet nous semble cruciale pour départager les facteurs propres à l'apprentissage d'une seconde langue afin de donner au monde de la recherche une analyse complète de son impact sur le développement cognitif de l'individu.

Nous élaborerons notre recherche sur trois fronts. En premier lieu, nous tenterons de donner la définition exhaustive du bilinguisme de façon à traiter des caractéristiques importantes affectant significativement les cognitions. Nous aborderons l'importance de l'âge d'acquisition, de la maîtrise des langues et de l'environnement dans lequel leur apprentissage et leur usage se réalise.

Un deuxième aspect qui sera traité est l'identification des processus cognitifs spécifiquement touchés par l'acquisition et l'utilisation d'une deuxième langue. Nous aborderons ainsi la théorie de l'esprit, la métacognition et surtout, les fonctions exécutives.

Finalement, nous effectuerons le recensement des techniques de recherche comportementales et neurologiques utiles à l'évaluation de l'impact du bilinguisme sur les cognitions. Nous aborderons les différentes méthodes d'évaluation ayant permis d'observer les phénomènes liés à la question de l'avantage cognitif du bilinguisme.

Le but de ce projet n'est pas de résoudre la question de l'avantage du bilinguisme sur la cognition mais bien de tracer un portrait global des études ayant été réalisées sur le sujet afin de trouver des points communs pouvant mieux guider les recherches à venir.

Chapitre 1

Notions Préliminaires

1. Bilinguisme

Comment définir le bilinguisme représente une tâche ardue au niveau de la recherche puisque l'on doit établir quels critères permettent de différencier les locuteurs en ce qui a trait à leur expérience langagière. En recensant les écrits sur le sujet, nous pourrions déterminer quels sont les critères les plus pertinents lorsqu'on se penche sur l'aspect cognitif du phénomène.

1.1. Évolution de la conception du bilinguisme

Afin de bien comprendre l'évolution de la conceptualisation de l'apprentissage des langues chez le bilingue, on peut aborder une des premières propositions selon laquelle les bilingues pouvaient contrôler l'activation croisée de leurs multiples langues au moyen d'un interrupteur mental (*mental switch*) (Penfield & Roberts, 1959). Macnamara et Kushnir (1971) (cité dans Bobb & Wodniecka, 2013) ont renchéri en disant qu'il s'agirait d'un système à deux interrupteurs pour les entrées (opérant automatiquement) et les sorties (sous le contrôle du locuteur) permettant la compréhension d'une langue et la production de l'autre durant les situations de traduction.

Le regard sur le bilinguisme a changé avec l'arrivée de la grammaire générative selon laquelle le LAD (*Language Acquisition Device*) est au cœur de ce processus au sein de la théorie du gouvernement et du liage de Chomsky (1982). Au cours de l'apprentissage d'une langue, l'individu fixerait ses paramètres caractéristiques dans son LAD et répéterait ce processus, différemment, selon les caractéristiques de l'autre langue qu'il apprend (Bialystok, Dulay, Burt, & Krashen, 1983).

Le gain en importance du cognitivisme, et récemment du connexionnisme, a entraîné les chercheurs à postuler un système de nœuds reliant les différents liens entre les concepts sémantiques et les projections lexicales (van Heuven & Dijkstra, 2010).

Plusieurs angles d'approches seront abordés et démontreront bien l'envergure du spectre de la recherche au niveau des perspectives portant sur le bilinguisme et ses conséquences.

1.2. Évolution de la recherche sur le bilinguisme

La recherche par rapport aux impacts du bilinguisme sur le fonctionnement cognitif, et particulièrement sur l'intelligence, concluait négativement en grande majorité à l'origine et jusqu'à la deuxième moitié du 20^e siècle. La rigueur expérimentale n'étant pas au rendez-vous, certaines études (e.g. SAER, 1923) ne contrôlaient pas la maîtrise de la L2 chez les bilingues ou réalisaient les tests dans une langue faible pour ceux-ci en les comparant directement aux résultats de leurs homologues unilingues générant ainsi des résultats irrecevables d'un œil moderne.

Une première étude entraînant un changement de perspective est réalisée par Peal et Lambert en 1962. Ces derniers réalisent que les enfants bilingues surpassent leurs camarades unilingues dans plusieurs tâches linguistiques et non-linguistiques testant l'intelligence. L'écart de performance dans le raisonnement spatial, la manipulation de symboles et autres tâches de logique suscitera l'intérêt d'un grand nombre de chercheurs et ouvrira la porte à une nouvelle vague de recherche sur la question. Diaz (1983) dénote ce revirement de croyances négatives généralisées¹ vers une exploration plus précise du bilinguisme comme objet d'étude et de l'éventail des tâches différentes permettant de cibler son lien avec les cognitions.

Ceci donne le ton à la recherche durant les années 80 où les habiletés métalinguistiques sont étudiées puisque la connaissance de la structure linguistique et l'habileté à y accéder intentionnellement représentent des atouts cruciaux dans le développement de fonctions complexes comme la lecture et l'écriture. À l'image de cette tendance, on retrouve des recherches comme celles de Bialystok (1988) et Cromdal (1999) qui tiennent les propos suivants :

Les enfants bilingues et unilingues sont tous aussi capables de détecter les erreurs grammaticales dans les phrases avec du sens. Il n'y a donc pas de différence significative au niveau de la détection de l'anomalie grammaticale (e.g. "*Apples growed on trees*"). Par contre, lorsque vient le temps de repérer une anomalie sémantique (e.g. "*Apples grow on noses*"), les enfants bilingues se démarquent. Selon les chercheurs, ce ne serait pas les connaissances linguistiques mêmes qui avantageraient les personnes bilingues mais plutôt le processus d'accès à ces

¹ (1) *Children who are instructed bilingually from an early age will suffer cognitive or intellectual retardation in comparison with their monolingually instructed counterparts.* (2) *They will not achieve the same level of content mastery as their monolingually instructed counterparts.* (3) *They will not achieve acceptable native language or target language skills.* (4) *The majority will become anomic individuals without affiliation to either ethnolinguistic group.* (cité dans Cummins & Gulutsan (1974), p.259)

connaissances. L'approfondissement du lien entre bilinguisme et connaissances métalinguistiques se fait dans des avenues de plus en plus précises au niveau des processus cognitifs qui se retrouvent alors au cœur de la recherche:

“... bilingual advantage in judging sentences has less to do with metalinguistic knowledge than with an attentional advantage in selectivity and inhibition. These processes are signature components of executive functioning.” (Bialystok & Craik, 2010)

Le développement des fonctions exécutives (e.g. contrôle de l'attention, inhibition des distractions, évaluation d'ensembles de stimuli, expansion de la mémoire de travail, changement entre les tâches) localisées dans le cortex préfrontal représente l'étape la plus importante dans la croissance du jeune enfant. Ces fonctions cognitives sont toutefois aussi celles qui présentent les premiers signes de détérioration avec l'âge. L'amélioration dont celles-ci semblent bénéficier grâce à l'apprentissage et à l'expérience d'une seconde langue pourrait alors manifester des effets au travers de l'entièreté de la vie de l'individu.²

On remarque cependant un vent de scepticisme quant à la rigueur scientifique des multiples études sur le sujet et un large questionnement secoue le monde de la recherche en 2015 à savoir si l'avantage du bilinguisme existe réellement. Nous discuterons de ce débat et du tournant qui a suivi cet événement.

1.3. Acquisition d'une L2

Lors de leur apprentissage, les enfants sont amenés à catégoriser phonologiquement les sons qu'ils entendent (e.g. les voyelles et les consonnes) (Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971) et cette tâche se complique lorsqu'une autre langue est aussi présente dans leur environnement puisque les caractéristiques de celle-ci se mêlent aussi au jeu. Non seulement ils sont exposés à un plus grand nombre de signaux acoustiques, mais ils devront aussi apprendre à apparenter ceux-ci à la langue appropriée; la réalisation et distinction entre deux langues ne se réalise consciemment qu'à partir de deux ans (Bijeljac-Babic, 2000). En différenciant les deux

² Le développement des fonctions exécutives est une des avancées les plus marquantes au niveau cognitif chez l'enfant et ce processus se poursuit à l'adolescence (Bialystok, 2011).

langues et en évitant les interférences, les bilingues développent certains concepts plus rapidement que les unilingues comme l'arbitraire des mots (i.e. un objet peut avoir un nom dans une langue et un autre dans une langue différente). À 9 mois l'enfant peut porter attention aux contraintes phonotactiques de sa langue et d'une autre mais à partir d'un an, sa sensibilité à la perception des autres est amoindrie au profit de la sienne. On remarque ainsi des différences perceptuelles chez les bilingues et même entre les bilingues selon la langue maternelle (dominante) et la subséquente (dominée).

« Il semble que le système phonétique acquis en premier lieu assimile les contrastes phonétiques de la seconde langue, même dans le cas où elle est apprise relativement tôt. » (Bijeljac-Babic, 2000)

Bijeljac-Babic (2000) énumère les quatre hypothèses principales expliquant ce phénomène :

1- hypothèse de la *différence fondamentale* (Bley-Vroman, 2009)

Le système d'acquisition du langage composé de la Grammaire universelle et d'un ensemble de procédures spécifiques pour le langage serait seulement actif en bas âge ce qui obligerait l'adulte à utiliser d'autres mécanismes cognitifs, moins liés au langage, pour apprendre une seconde langue. Ceci concerne davantage les aspects abstraits du langage et les liens avec des fonctions cognitives telle la résolution de problèmes.

2- l'hypothèse de *compétence* (MacWhinney, 1992)

L'apprentissage d'une première langue augmente l'automatisation des processus de traitement spécifiquement pour celle-ci ce qui rend plus difficile une restructuration du système pour l'apprentissage d'une langue subséquente.

3- l'hypothèse de Newport (1990) : moins c'est plus (*less is more*)

Les limitations du système cognitif du jeune enfant (entre autres, des aspects morphologiques de la langue) l'avantagerait au niveau de l'acquisition alors que le développement de certaines de ces capacités rendrait ultérieurement l'acquisition d'une seconde langue plus difficile.

4- l'hypothèse de l'apprentissage par la parole (*speech learning hypothesis*) (Flege, 1992)

Entre 5 et 7 ans, les catégories phonétiques et leurs frontières se stabilisent dans la première langue et la conscience phonologique se développe. Ceci expliquerait la difficulté au niveau de la prononciation d'une seconde langue apprise plus tard et mettrait de côté les arguments touchant

aux changements dans le traitement perceptif ou sensorimoteur ainsi qu'à la diminution de la plasticité cérébrale.

1.3.1. Âge d'acquisition

Berken, Gracco, et Klein (2016) explorent la question de l'importance de l'âge d'acquisition d'une L2 au niveau de la définition du bilinguisme. Ils s'appuient sur la plasticité cérébrale modelant les différentes aires du cerveau au cours de son développement avec l'âge. La naissance d'une conscience phonologique se ferait avant même l'âge d'un an et la modélisation phonétique de l'information sensorielle auditive dès lors représente la première étape dans l'acquisition d'une ou de plusieurs langues. Les enfants qui sont exposés à deux langues durant cette période (6 à 12 mois) peuvent notamment distinguer les représentations phonétiques de chacune avant même de pouvoir parler (Burns, Yoshida, Hill, & Werker, 2007). La période de changements spécifiques aux processus langagiers généraux est aussi allongée chez ces enfants (Werker & Byers-Heinlein, 2008). Il est toutefois démontré qu'apprendre une L2 plus tardivement dans sa vie rend sa prononciation sans accent extrêmement difficile malgré sa maîtrise sous tous ses autres aspects (Berken et al., 2016).

Un apprentissage séquentiel en bas âge (entre 6 et 14 ans) favoriserait la diminution de l'accent étranger alors que l'apprentissage simultané permettrait de parler comme un locuteur natif dans les deux langues, bien que certains individus conservent un accent en L2 malgré tout. Il est ici question de la limitation de la neuroplasticité dans les systèmes moteurs et auditifs reliée à l'âge ainsi qu'à l'influence du système phonologique établie par la L1 (Berken et al., 2016).

En effet, même si l'acquisition du langage est majoritairement complétée entre l'âge de 7 et 10 ans, certains processus de haut en bas (*top-down*) soutenant notamment la sélection lexicale³ continuent activement leur développement (Arredondo et al., 2019). On remarque une réduction de l'activation des régions frontales gauches (aire supportant les mécanismes attentionnels de ce type) en faveur d'une activation des régions temporo-pariétales postérieures (aire supportant la reconnaissance lexicale automatique) chez les jeunes bilingues de 8 ans alors que les unilingues présentent une seule activation des aires frontales dans les mêmes tâches d'identification lexicale

³ La sélection lexicale n'est pas considérée comme étant essentiellement liée à l'acquisition à proprement parler mais son développement à cet âge mérite d'être soulevé.

(e.g. *car-cat* vs *car-pen*). Cette utilisation de processus automatisés pourrait être caractéristique d'un bilinguisme simultané alors que l'apprentissage d'une seconde langue après la puberté ne susciterait pas les mêmes activations : l'augmentation en matière blanche reliant les régions antérieures et postérieures supportant ce phénomène chez les bilingues est observée chez les 8-10 ans mais s'accroît aussi chez les 10-13 ans (Mohades et al., 2015). Au niveau purement linguistique, on note aussi que la composante phonologique se développe plus tôt que la syntaxe et ce phénomène bien connu se rapporte à l'enracinement du facteur moteur difficile à défaire avec l'âge.

Tout ceci soulève donc l'idée qu'un effort cognitif supplémentaire doit être fait chez un locuteur séquentiel lorsque celui-ci s'exprime oralement en L2 (e.g. activation des aires apparentées à la conscience phonologique). Abutalebi (2008) rapporte en effet une activité neuronale plus grande chez les bilingues séquentiels lorsqu'ils parlent leur L2 par rapport aux bilingues simultanés. Cette différence a particulièrement été rapportée au niveau du gyrus frontal inférieur (Vaughn & Hernandez, 2018) et du gyrus temporal supérieur (Rüschemeyer, Fiebach, Kempe, & Friederici, 2005). L'hypothèse du contrôle adaptatif d'Abutalebi et Green fait référence à ce phénomène précis (Abutalebi & Green, 2016).

Kousaie, Chai, Sander et Klein (2017) ont approfondi les recherches sur les différences entre bilingues séquentiels et simultanés en arrivant à discerner un avantage au niveau de la suppression de l'information interférente (inhibition) chez les gens apprenant deux langues en même temps. Les bilingues ayant appris leur L2 après l'âge de 6 ans démontrent plus d'activation de leur réseau cognitif par défaut alors que les bilingues simultanés activent davantage leur réseau cognitif spécifique à la tâche.

Bylund, Abrahamsson, Hyltenstam et Norrman (2019) suivent le courant actuel quant à la définition des différents types de bilinguisme en s'attaquant en plus à l'argument du désavantage du bilinguisme au niveau de la vitesse du processus de représentation lexical. Ce processus est fortement lié à l'accès lexical mais la représentation du vocabulaire y joue un rôle important puisque, par exemple, des similarités au niveau de l'orthographe des mots dans deux langues maîtrisées peut induire une activation du mot dans la langue inhibée créant ainsi une interférence potentielle dans une tâche où l'on doit cibler une seule langue; un désavantage chez les bilingues par rapport aux unilingues a souvent été rapporté dans ces cas (Luk, Green, Abutalebi, & Grady,

2012). Pourtant, les bilingues simultanés ne diffèrent pas significativement des unilingues au niveau de leur performance linguistique (Kupisch, 2012; Kupisch, Akpınar, & Stöhr, 2013). L'âge d'acquisition jouerait donc un rôle au niveau du processus de contrôle de l'interférence lors de tâche nécessitant la représentation lexicale chez le locuteur bilingue (Bylund et al., 2019).

Ils évoquent l'approche connexionniste et neuroémergentiste pour expliquer que les L1 et L2 partagent les mêmes ressources cognitives tout en étant en compétition pour celles-ci. L'effet de l'âge d'acquisition au début de l'apprentissage de la L2 serait ainsi dû à l'accoutumance aux représentations de la L1 réduisant ainsi l'espace lexical de la L2. L'apprentissage tardif d'une autre langue reposera par conséquent davantage sur des habilités exécutives plutôt que sur des processus sensorimoteurs diminuant donc l'efficacité des processus lexicaux.

(Yow & Li, 2015) relèvent aussi un coût cognitif minimisé chez les bilingues ayant appris leur L2 en bas âge. En outre, Gullifer et al. (2018) ont découvert que les bilingues apprenant leur L2 en bas âge avaient une connectivité fonctionnelle interhémisphérique plus grande entre les régions frontales du cerveau et diminuaient leur usage proactif du contrôle exécutif au profit d'un contrôle réactif plus spécialisé dans la tâche en question.

1.3.2. Diversité de l'usage langagier et facteurs sociaux

De quelle manière le locuteur bilingue utilise-t-il ses deux langues? Voilà une question cruciale sur laquelle plusieurs chercheurs se sont penchés afin de déterminer de quelle façon les bilingues se différencient les uns des autres.

1.3.2.1. Langue dominante et dominée VS bilingue balancé

Lorsqu'un individu bilingue maîtrise davantage une langue (dominante) par rapport à une autre (dominée), celui-ci semble être amené à supprimer l'information interférente (inhibition) de façon plus poussée lorsqu'il change de registre. Ce même phénomène ne paraît pas être aussi coûteux au niveau cognitif chez le bilingue balancé. L'auteur nous informe toutefois que sa recherche compte un plus grand nombre de participants balancés que de dominants ce qui peut statistiquement jouer en sa défaveur.

Goral et al. (2015) ont notamment relevé que les bilingues dominants, dû à leur plus grand recours à l'inhibition de leur L1 pour faire usage de la langue moins bien maîtrisée, témoignaient

moins d'effet d'âge alors que les bilingues balancés présentaient un déclin au niveau de l'inhibition avec le vieillissement (*Simon task*) puisqu'ils auraient développé une expertise à inhiber la langue non ciblée tout au long de leur vie.

1.3.2.2. Niveau de performance dans les langues

Le niveau de performance dans les deux langues parlées par les bilingues ne constitue apparemment pas une variable corrélée avec les avantages cognitifs du locuteur; ce serait plutôt les bilingues dominants qui bénéficieraient d'un avantage dans les processus d'inhibition, leur performance dans la tâche de Simon étant moins affectée par l'effet de l'âge que chez les bilingues balancés (Goral, Campanelli & Spiro, 2015). Par contre, plus un locuteur est performant dans les deux langues, moins celui-ci sera affecté par l'influence interlinguistique (*cross-linguistic influence*), lui conférant ainsi un avantage au niveau linguistique plutôt que cognitif généralisé (Goral, Campanelli & Spiro, 2015).

Prior, Degani, Awawdy, Yassin et Korem (2017), eux, peinent à démontrer qu'il existe un lien entre le niveau de maîtrise de la L2 et la réduction de l'interférence associée aux fonctions exécutives globales. Bien que les bilingues plus balancés présentent aussi un niveau élevé d'interférence interlangagière, leur habileté accrue à gérer cette interférence n'a pas été reflétée par leur vitesse de réaction dans des tâches de Stroop et de Simon.

Antón, Fernández García, Carreiras et Duñabeitia (2016) ont évalué si le niveau d'expertise dans la langue seconde joue un rôle dans la performance aux tâches cognitives (Stroop). Ils ont ainsi évalué la modulation du bilinguisme en fonction de la connaissance de la L2 des participants. Cette composante n'a démontré aucune différence significative ce qui ne dément pas l'argument de l'avantage cognitif du bilinguisme mais révèle plutôt l'élément précis sur lequel la recherche à ce sujet doit focaliser: l'alternance entre les langues. En effet, il n'est pas déraisonnable de concevoir l'aisance dans l'alternance comme étant le processus entraînant le plus de demande cognitive au niveau des fonctions exécutives et plus particulièrement du transfert (*shifting*).

1.3.2.3. Bilinguisme actif et passif

Le modèle MOGUL de Sharwood Smith (2017) incorpore la notion de bilinguisme actif et passif. La version active fait référence à l'usage de la L2 apprise au niveau de la production alors que sa contrepartie passive caractérise une absence de sa production s'apparentant à un bilinguisme réceptif seul (Döpke, 1992), on peut même parler d'une période silencieuse au niveau de la L2 (Tabors, 1997).⁴

Assenza (2016) développe, elle, un modèle asymétrique de langage multiple (AMLM) pour explorer les changements de codes chez les bilingues qui ne maîtrisent pas leur L1 et L2 de façon égale. Elle reprend notamment le concept de continuum linguistique d'unilingue à bilingue dans la théorie des modes langagiers du bilingue de Grosjean (2001) pour signifier l'importance d'imposer l'asymétrie multilinguistique comme étant cruciale pour concevoir l'ensemble de la chose.

Gullifer et al. (2018) ont par ailleurs trouvé qu'une plus grande diversité dans l'utilisation langagière sociale journalière correspondait à une plus grande connectivité entre les cortex cingulaire antérieur et le putamen (bilatéralement) favorisant la distribution des circuits neuronaux impliqués dans le contrôle proactif et le monitoring du contexte (*context monitoring*).

1.3.2.4. Effet de la culture

Afin de déterminer si la connaissance d'une langue particulière ou l'appartenance à la culture propre à cette langue joue un rôle au niveau des fonctions exécutives, Bialystok et Viswanathan (2009) ont soumis des bilingues d'Inde et du Canada (ainsi qu'un groupe contrôle d'unilingues canadiens) à une version comportementale de tâche anti-saccade (*'faces task'*)⁵ testant le contrôle de l'inhibition et la flexibilité cognitive. Ils ont rapporté que les jeunes bilingues étaient plus rapides que les unilingues dans les deux situations permettant ainsi de réduire le poids de la culture dans l'avantage cognitif du bilinguisme.

1.3.2.5. Différences interlinguistiques

⁴ *The impact of using a foreign language on risk, inference, and morality are reduced emotion, psychological distance, and increased deliberation.* (Hayakawa, Costa, Foucart, & Keysar, 2016)

⁵ Tâche similaire à celle de l'annexe 1 mais où l'élément central à fixer est un visage.

En ce qui a trait aux différences interlinguistiques, Gopnik, Choi, et Baumberger (1996) ont démontré que lors de l'apprentissage d'une langue première, le style d'apprentissage de l'apprenant pouvait influencer sur le développement cognitif de l'enfant. L'emphase mise sur les actions avantage le développement des habiletés moyen-fin (observé chez les locuteurs du coréen) alors que si les noms sont favorisés, ce sera la catégorisation qui émergera plus rapidement (observé chez les locuteurs de l'anglais). Ainsi, la langue même jouerait un moindre rôle sur le développement cognitif par rapport à ce que l'apprenant véhicule au travers d'elle; si la langue même repose sur un champ cognitif particulier, à ce moment-là, l'apprenant développera cette cognition avant les autres cognitions.

«...there are close and specific relations between specific semantic and cognitive developments, what has indeed been called “the specificity hypothesis.” » (Gopnik, Choi et Baumberger, 1996)

Ceci met de l'avant le développement cognitif potentiellement plus équilibré des jeunes bilingues simultanés qui pourraient développer simultanément leurs cognitions en intégrant les caractéristiques linguistiques et d'apprentissage de chaque langue.

1.4. Modèle cognitif du langage

L'identification des aires du cerveau responsables du langage remonte au 19^e siècle (Broca, 1861; Wernicke, 1874) et la recherche a bien progressé depuis pour nous offrir une représentation précise des deux principaux réseaux neuronaux utilisés par cette faculté : le circuit ventral supportant la correspondance du son au sens et le circuit dorsal soutenant la correspondance du son aux fonctions motrices (Hickok & Poeppel, 2000; Rauschecker & Scott, 2009). La description la plus répandue de ce modèle est sans doute celui de Friederici (2015) qui spécifie ainsi les différentes aires et leur rôle :

Cortex frontal gauche

- Cortex prémoteur (PMC) ou aire de Brodman (BA) 6 : Phonologie et articulation
- Gyrus frontal inférieur (IFG) ou Aire de Broca comprenant BA 44 (pars opercularis) et 45 (pars triangularis): construction de structure syntaxique (BA 44 est spécifiquement employée pour ordonner et réordonner les items de la phrase (e.g. sujet devant objet))

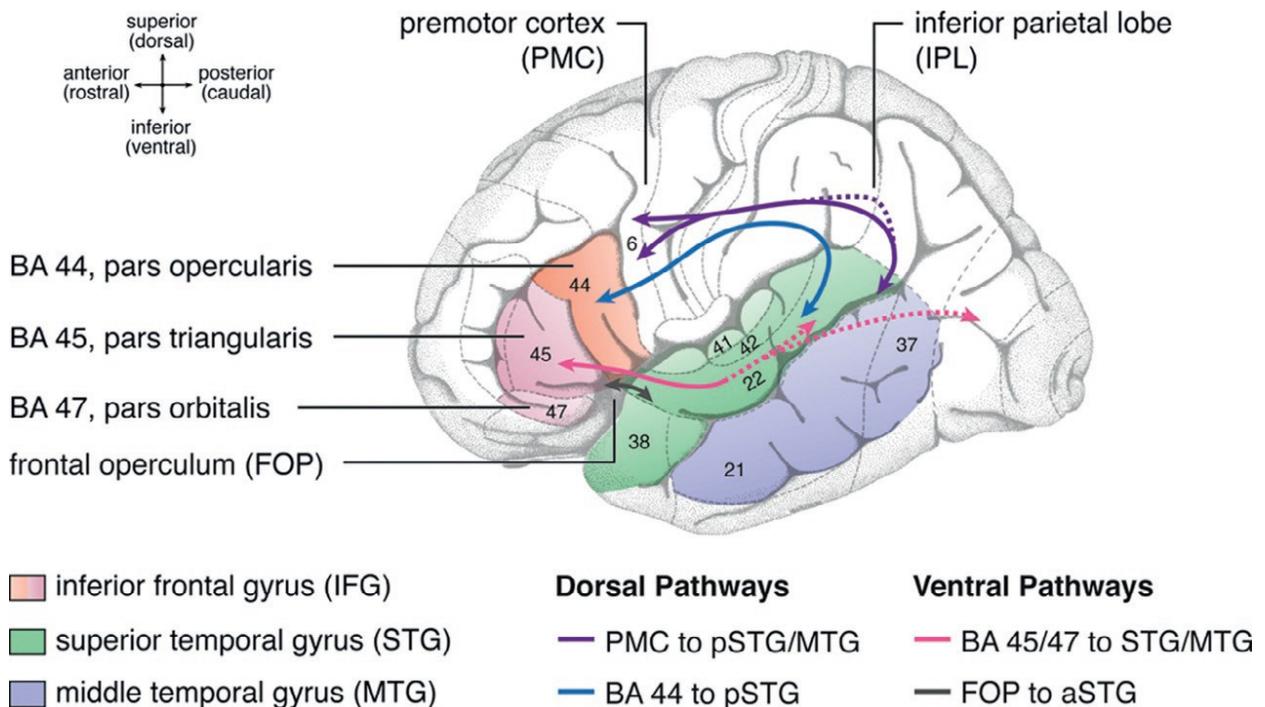
- BA 47 (pars orbitalis) : supporte les processus sémantiques (avec BA45)

Cortex temporal gauche

- Aire de Wernicke surtout couverte par BA 22 et le gyrus temporal supérieur se divisant ainsi :
- Gyrus temporal supérieur médian (mSTG) ou BA 41: cortex auditif primaire responsable des procédés liés au son et à la parole (au niveau des phonèmes)
- Gyrus temporal supérieur antérieur et postérieur (aSTG et pSTG) (BA 41/42) : cortex auditif secondaire uniquement impliqué dans la parole (au niveau des mots et des phrases)
- Gyrus temporal médian (MTG) sous-tend aux aspects conceptuels sémantiques et lexico-sémantiques du langage.

Cortex pariétal gauche

- Lobe pariétal inférieur (IPL) : impliqué dans les tâches langagières nécessitant la mémoire de travail et un travail phonologique. (e.g. tâches verbales de mémoire de travail, tâches de répétition où les mots ou phrases perçues doivent être rappelées et/ou reproduites)
- Aires temporopariétales : effet de mémorisation dans les tâches de performance langagière nécessitant la mémoire de travail.



Friederici, A. D. (2015). Fig. 10.1. Language-relevant brain regions and schematic fiber tracts (displayed in the left hemisphere) [Image en ligne]. Repéré à <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00010-X>

L'ensemble des fonctions touchant au langage se regroupent au sein de deux circuits : dorsal et ventral. Au sein du circuit dorsal et s'étirant du planum temporal (pSTG/mSTG) au PMC (BA6) au travers du IPL, le faisceau longitudinal supérieur (SLF) serait responsable de la représentation spatiale du sensoriel au moteur dans les processus langagiers. Il est impliqué dans la répétition d'énoncés, la production et l'articulation des sons de la parole perçue.

Le second sous-circuit, connu sous le nom de faisceau arqué (AF), lie la portion postérieure de l'aire de Broca (BA 44) directement à l'aire de Wernicke (cortex temporal postérieur ou pSTG). Il sert particulièrement dans le traitement de séquences et phrases syntaxiquement complexes; on attribue son rôle à la computation des relations syntaxiques ou aux mécanismes qui raccordent la mémoire de travail au langage.

Finalement, le circuit ventral le système de capsule de fibre extrême (ECFS) connecte les aires BA 45 et 47 aux STG/MTG, MTG et cortex occipital. D'autre part, le faisceau unciné (UF) connecte le FOP au cortex temporal antérieur. Son rôle n'est pas unanime mais on suggère qu'il serait aussi impliqué dans les procédés syntaxiques tels que la construction de phrases syntaxiques en utilisant des éléments adjacents de manière locale (à l'opposé du circuit dorsal qui s'apparente au procédé non-local). Ces deux circuits ventraux supportent les processus sémantiques.

En conclusion, Friederici (2015) dresse un portrait exhaustif des circuits neuronaux reliés aux processus cognitifs en jeu dans la fonction du langage et nous permet d'observer des similarités avec les concepts précédemment traités comme la TOM surtout au niveau du IFG et du STG. Nous explorerons ce partage de circuit neuronal au chapitre suivant en traitant plus en détail les éléments neurocognitifs liant fonctions exécutives et bilinguisme.

1.4.1 Modèles cognitifs du bilinguisme

Plusieurs modèles psycholinguistiques ont été établis pour tenter de représenter les processus allant du comportement à la neurologie derrière le bilinguisme (voir van Heuven & Dijkstra, 2010 pour plus de détails). Nous explorerons brièvement les deux modèles principaux qui s'affrontent dans le débat actuel.

1.4.1.1. Modèle d'activation interactive bilingue (BIA+)

Ce modèle connexionniste de reconnaissance de mots se penche sur l'historique d'apprentissage de la L2 du locuteur. Les candidats lexicaux et syntaxiques des deux langues sont activés chez le locuteur bilingue lors de la compréhension langagière, ce qui mène à des problèmes d'identification de mots et de procédés syntaxiques. Van Heuven, Schriefers, Dijkstra et Hagoort (2008) s'appuient sur l'observation de l'activation témoignant d'un conflit entre la langue cible et la langue non-ciblée au niveau de la réponse ainsi qu'au niveau de l'identification du mot pour stipuler que la reconnaissance du mot suivrait un procédé bottom-up ne permettant pas l'influence de l'activation (processus d'inhibition du mot non ciblé) par le locuteur bilingue; ce processus serait donc encapsulé dans les processus langagiers sans pouvoir être influencé par les autres fonctions cognitives.

« Linked to this distinction, the model assumes that information from previous linguistic input such as (sentence) context can affect lexical processing, because the sentence processing system is directly linked to (or, if one wishes, encompasses) the word identification system. In contrast, non-linguistic context variables, such as those incorporated in participant expectations and strategies can only influence parameter settings and processing in the task/decision system. » (Van Heuven et al., 2008)

Leur interprétation peut s'observer ainsi au travers de l'étude de Nakamura, Ohta, Okita, Ozaki et Matsushima (2006) (cité dans van Heuven & Dijkstra, 2010). Lors d'une tâche de décision lexicale et d'identification, on présente des amorces⁶ visuelles alors que le stimulus cible est répétée visuellement (même condition modale) ou auditivement (condition de variation modale). En appliquant la TMS⁷ au lobe inférieur pariétal gauche (zone de connexion entre l'orthographe du mot et sa phonologie), l'effet de répétition (de l'amorce) est supprimé dans la tâche de nommage; par opposition, c'est lorsque la TMS est appliquée au gyrus temporal supérieur gauche (zone de conversion graphie-phonologie) que ce même effet est supprimé lors de tâche de décision lexicale. Alors que les auteurs de l'étude affirment ainsi démontrer que les instructions de la tâche régulent l'utilisation de différents réseaux neuronaux, van Heuven et Dijkstra (2010) soutiennent

⁶ Présentation préalable d'un stimulus (amorce) visant à influencer le traitement d'un autre stimulus (cible).

⁷ Technique de stimulation électrophysiologique d'une aire cérébrale ciblée dans le but de provoquer son activation ou, dans le cas évoqué, induire une interférence.

que différentes sources à même le système langagier jouent leur propre rôle dans chacune des tâches qui sont de nature si différente.

Paap, Anders-Jefferson, Mikulinsky, Masuda, et Mason (2019) soutiennent aussi le BIA+. Selon eux, les tâches langagières font appel à un système d'identification de mots alors que les tâches non-verbales reposent sur un système décisionnel général. Ainsi, l'entraînement cognitif conféré par l'utilisation de plusieurs langues ne permettrait pas de généralisation ailleurs que dans le système encapsulé du langage.

1.4.1.2. Modèle hiérarchique révisé (RHM)

Il s'agit d'un modèle permettant d'expliquer la production de mots en démontrant l'asymétrie observée chez les bilingues dominants lors de la traduction entre la traduction vers l'avant (L1 vers L2) et la traduction vers l'arrière (L2 vers L1). Ce dernier procédé pourrait se réaliser sans accès sémantique dans les cas où l'accès lexical du mot en L1 suffirait à recouvrer son homologue en L2. Le RHM se base ainsi sur la perspective du réseau de contrôle cognitif étendu permettant de faire des analogies entre les mécanismes langagiers des deux langues et les processus cognitifs qui ne sont pas spécifiquement liés au langage mais hiérarchiquement similaires (Kroll, van Hell, Tokowicz, & Green, 2010).

Ce modèle prend en considération le fait qu'au niveau neurologique, il semble y avoir un circuit neuronal en charge du contrôle exécutif des différentes fonctions cognitives comprenant le langage. Il est supporté par Pivneva, Mercier et Titone (2014) notamment dans une tâche de lecture où l'augmentation du contrôle exécutif et des contraintes contextuelles entraînaient une atténuation de l'interférence des homographes interlinguistiques. Ceci supporte selon elles le rôle central et rapide du contrôle exécutif, tel que dans le RHM et à l'opposé du BIA+.

1.4.1.3. Autres modèles

Le modèle MOGUL de Sharwood Smith (2017) incorpore la notion de bilinguisme actif et passif. La version active fait référence à l'usage de la L2 apprise au niveau de la production alors que sa contrepartie passive caractérise une absence sa production s'apparentant à un bilinguisme

réceptif seul (Bialystok, 2001; Döpke, 1992), on peut même parler d'une période silencieuse au niveau de la L2 (Tabors, 1997 cité dans Sharwood Smith, 2017).

Assenza (2016) développe, elle, un modèle asymétrique de langage multiple (AMLM) pour explorer les changements de codes (ou alternances de codes) chez les bilingues qui ne maîtrisent pas leur L1 et L2 de façon égale. Elle reprend notamment le concept de continuum linguistique d'unilingue à bilingue dans la théorie des Modes langagiers du bilingue de Grosjean (2001) pour signifier l'importance d'imposer l'asymétrie multilinguistique comme étant cruciale pour concevoir l'ensemble de la chose.

La composante émotionnelle est de plus en plus prise en considération dans l'ensemble de la recherche dans le domaine⁸ et les modèles tentant de l'incorporer parmi les cognitions liées au langage aident grandement à bien concevoir le portrait global de cet enjeu.

1.5. Conclusion

Tel que nous l'avons démontré, le concept de bilinguisme est plutôt complexe et pour bien pouvoir l'aborder sur le plan cognitif, certains aspects comme l'âge d'acquisition de la L2 ou le caractère actif de la L2 doivent prévaloir sur d'autres comme le niveau de maîtrise de la L2. De plus, les réseaux neuronaux sous-tendant les fonctions langagières ne leur étant pas exclusifs, le fonctionnement cognitif des bilingues inspire différentes conceptualisations. La question persiste quant à l'encapsulation du langage face à une perspective plus étendue de cette fonction.

2. Fonctions exécutives

La montée du cognitivisme comme école de pensée permettant d'expliquer le comportement généré selon la situation a suscité de plus en plus de questionnement avec l'arrivée de l'imagerie cérébrale. La question principale étant:

“Specifically, to what extent can different functions often attributed to the frontal lobes or to the central executive (or SAS) be considered unitary in the sense that they are reflections of the same underlying mechanism or ability?” (Teuber, 1972)

⁸ Voir Barker et Bialystok (2019) dans la section 3.2.1.

Certains modèles cognitifs⁹ se sont alors imposés pour ordonner le tout et pour clarifier l'ensemble des processus pertinents. Miyake et al. (2000) ont mis les bases d'une théorie sur l'organisation et le fonctionnement des fonctions exécutives (*executive functions*, EF) réduisant ainsi l'ensemble des processus à deux fonctions majeures jointes par un facteur commun:

1. Transfert ou flexibilité cognitive (*Shifting*): flexibilité ou facilité à faire la transition d'une tâche donnée à une autre. (aussi utilisé : changement attentionnel (*attention switching* ou *task switching*))
2. Mise à jour (*Updating*): maintenir à jour les informations pertinentes dans l'exécution d'une tâche donnée. Ce processus comprend l'ajout et l'élimination rapide de contenu dans la mémoire de travail et la gestion de l'attention sélective. (aussi utilisé : gestion des représentations de la mémoire de travail (*monitoring of working memory representations*))
3. Inhibition (Inhibition)¹⁰: suppression des informations dominantes selon l'objectif visé. (aussi utilisé: acte de contrôle généré intérieurement ou volontairement) Il s'agirait aussi du facteur commun aux fonctions exécutives selon eux et se résumerait ainsi : “*ability to actively maintain task goals and goal related information and use this information to effectively bias lower-level processing*” (Miyake & Friedman, 2012)

Le choix de ces fonctions s'est fait en analysant les résultats produits par une batterie de tests communément liés aux fonctions exécutives¹¹. Même si ces trois différentes fonctions ont un facteur commun au niveau de l'activation du lobe frontal et de l'accès à la mémoire de travail, Miyake et al. (2000) concluent toutefois que ces 3 différentes fonctions ne sont pas complètement indépendantes : elles seraient séparables mais modérément corrélées témoignant une certaine unité tout en imposant une diversité des fonctions exécutives. Ils soulèvent le fait que l'implication de la mémoire de travail, cruciale dans les tâches touchant aux fonctions exécutives, pourrait se définir par un contrôle attentionnel, ce qui semble être un concept clé dans la recherche aujourd'hui (bien qu'alors, ces derniers ne conçoivent ce contrôle que comme étant suppressif plutôt que directif tel que nous le verrons plus tard).

⁹ *Supervisory Attentional System* (SAS) postulé par Norman et Shallice (1986) et repris par Baddeley (2000)

¹⁰ À ne pas confondre avec l'inhibition de l'activation des connexions dans le modèle connexionniste ou encore avec l'inhibition réactive relative à l'effet d'amorçage entre autres et pouvant être générée sans contrôle volontaire.

¹¹ Wisconsin Card Sorting Test (WCST), Tower of Hanoi (TOH), random number generation (RNG), operation span, and dual tasking (Miyake et al., 2000). Suite à la réévaluation des fonctions exécutives importantes, 3 tâches ont été principalement conservées (Miyake & Friedman, 2012) Voir l'Annexe 1 pour plus de détails.

Cette approche des fonctions exécutives qui s'est raccordée notamment au modèle neurobiologique d'O'Reilly et Frank (2006)¹² demeure très présente aujourd'hui. On observe tout de même plusieurs manifestations de différences individuelles dans l'ensemble des tâches ce qui pousse les chercheurs à encourager l'affinement de celles-ci (Miyake et Friedman, 2012).¹³

Ardila (2008) souligne toutefois qu'en étudiant l'évolution des fonctions exécutives il est possible de déceler une facette émotionnelle/motivationnelle à ce concept primordialement vu comme n'ayant qu'un plan métacognitif. Diamond et al. (2013) souligne aussi l'impact négatif que peut entraîner un état émotionnel négatif sur les fonctions exécutives et le cortex préfrontal. Ceci devient d'autant plus important que lorsque l'on emploie diverses tâches évaluant les fonctions cognitives par rapport à un concept se rapportant au langage (i.e. bilinguisme) il faut tenir en compte l'aspect émotif lié à cette faculté qu'Ardila considère comme étant au centre du développement des fonctions exécutives.

Dans un premier temps, on retrouverait les fonctions exécutives métacognitives regroupant les processus habituellement reconnus en neuroscience, soient : résolution de problème, planification, formation de concepts, implémentation et développement de stratégies, contrôle de l'attention, mémoire de travail; toutes majoritairement associées au cortex préfrontal dorsolatéral.

Dans un second temps, les fonctions exécutives dites émotionnelles ou motivationnelles permettraient de coordonner les processus cognitifs, les émotions et la motivation (leur siège serait dans les aires orbitofrontales et médiales frontales que nous aborderons au chapitre 2). Bien que l'auteur admette que cette deuxième composante soit plus difficile à cibler, sa considération est essentielle dans l'étude de certains phénomènes cognitifs pouvant être émotionnellement chargés comme celui du bilinguisme où une valeur émotive attribuée à une langue peut affecter son utilisation et les processus qui découlent de cette utilisation.¹⁴

Bialystok (2011) reconnaît conséquemment deux contraintes de l'expérimentation sous cet axe : les méthodes d'expérimentation ne permettent pas d'isoler chacune de ces composantes et

¹² Prefrontal-Cortex Basal-Ganglia Working-Memory (PBWM) (O'Reilly & Frank, 2006)

¹³ *“individual differences in EFs are highly relevant to many different subdisciplines of psychological science and hence could have broad implications for both basic and applied research”* (Miyake et Friedman, 2012)

¹⁴ Voir section 2.3.

donnent plutôt un portrait global des fonctions exécutives; les expériences modifient aussi le développement même des fonctions exécutives (e.g. le bilinguisme modifie ce genre de fonctions).

« The studies used different tasks, but all involved some subset of the component processes normally considered to be part of executive control. However, it is not known whether bilingualism affects individual core components or is a coordinating function that allows the components to function together. » (Bialysok, 2011)

2.1. Tester les fonctions exécutives

Plusieurs tests permettent d'évaluer différentes facettes des fonctions exécutives et trois d'entre eux se démarquent par leur précision et leur malléabilité, surtout au niveau de l'utilisation verbale et non-verbale :

- *Simon task* (Simon & Wolf, 1963)
- *Flanker task* (Eriksen & Eriksen, 1974)
- *Stroop task* (Stroop, 1935)

À titre d'exemple de l'usage de ces outils expérimentaux, voici la méthode employée par Kousaie et Philips (2017) afin d'évaluer la performance des bilingues dans les 3 principales tâches liées à l'avantage du bilinguisme.

Tâche de Stroop (*Stroop task*): Image A

- Condition neutre : nombre de caractères apparentés à l'orthographe de la couleur présentée (e.g. **XXXX** soit quatre 'X' de couleur bleue pour signifier 'bleu')
- Condition congruente : mot de la couleur présentée avec la couleur correspondante (e.g. 'BLEU' soit l'orthographe du mot de la couleur que celui-ci signifie)
- Condition incongruente : mot d'une couleur apparaissant avec une autre couleur (e.g. 'BLEU' soit l'orthographe d'un mot représentant une couleur mais apparaissant d'une couleur autre que celle qu'il signifie)
- La tâche du participant est de nommer la couleur du stimulus le forçant ainsi à inhiber l'association sémantique avec la graphie de celui-ci (e.g. dire « jaune » lorsque le stimulus

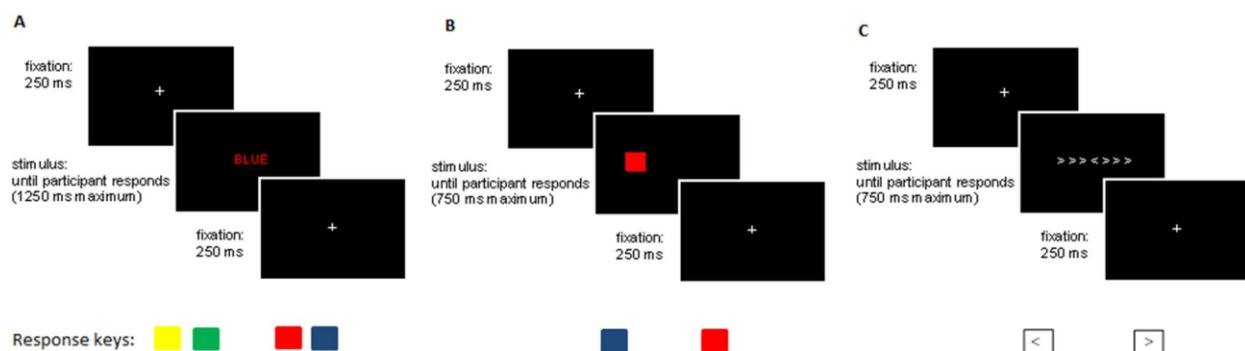
est jaune peu importe sa graphie ('BLEU')). La condition incongruente entraîne généralement un temps de réponse plus grand.

Tâche de Simon (*Simon task*): Image B

- Condition neutre : le stimulus est présenté au centre de l'écran
- Condition congruente : le stimulus est présenté du côté de l'écran correspondant au côté de la réponse à donner (e.g. un carré rouge présenté à droite de l'écran et la consigne stipule d'appuyer sur la touche de droite lorsqu'on voit un carré rouge)
- Condition incongruente : le stimulus est présenté du côté de l'écran opposé au côté de la réponse à donner (e.g. un carré rouge présenté à droite de l'écran et la consigne stipule d'appuyer sur la touche de gauche lorsqu'on voit un carré rouge)
- Le participant doit appuyer sur la touche du côté correspondant à la consigne donnée en faisant abstraction de la localisation du stimulus. La condition incongruente entraîne généralement un temps de réponse plus grand.

Tâche de Flanker (*Flanker task*): Image C

- Condition neutre : le stimulus au centre de l'écran représente une simple flèche (e.g. '<')
- Condition congruente : le stimulus au centre de l'écran représente une simple flèche flanquée d'un nombre de flèches du même sens de chaque côté (e.g. '<<<<<<<')
- Condition incongruente : le stimulus au centre de l'écran représente une simple flèche flanquée d'un nombre de flèches du sens opposé de chaque côté (e.g. '>>><>>>')
- La tâche consiste à appuyer sur la touche du côté indiqué par le stimulus au centre de l'écran en inhibant les distracteurs. La condition incongruente entraîne généralement un temps de réponse plus grand.



Kousaie, S., & Phillips, N. A. (2017). Fig. 1. Sample trial for the Stroop task (A), the Simon task (B), and the flanker task (C) [Image en ligne]. Repéré à <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.11.013>

Dans ces trois tâches, le temps et la précision des réponses représentent les mesures comportementales et en les joignant aux données de l'imagerie cérébrale¹⁵, ils rapportent que c'est celle de Stroop (Image A) dans laquelle les bilingues se distinguent le plus des unilingues autant au niveau comportemental qu'électrophysiologique. D'un autre côté, la tâche de Simon (Image B) et celle de Flanker (Image C) ne révèlent pas de différence comportementale. Par contre, les différences électrophysiologiques observées dans ces deux tâches permettent d'affirmer que les bilingues font d'avantage appel à la résolution de conflit (*conflict monitoring*) pour la tâche de Simon et à la catégorisation de stimulus pour les tâches de Simon et Flanker (Kousaie & Phillips, 2017).

Bien que ces trois tâches soient les plus utilisées dans les recherches portant sur les fonctions exécutives, elles ne présentent que peu de validité convergente, tel que rapporté ci-haut. L'utilisation de l'imagerie cérébrale permet alors de cibler les différences ne pouvant être observées que grâce aux données comportementales. On peut ainsi joindre l'ERP, par exemple d'autres test comportementaux.

- *Trail Making test* (Spreen & Strauss, 1991)

On demande aux participants, dans un premier temps, de relier les nombres qui apparaissent à l'écran; dans un deuxième temps, ils doivent relier les nombres et les lettres de façon alternative. Chaque erreur de parcours leur est signalée pour qu'ils se corrigent et complètent la tâche. On compare le temps que chaque tâche a pris pour ainsi mesurer l'attention alternée des participants. (voir aussi Salthouse & Fristoe, 1995)

¹⁵ Les composantes des potentiels évoqués (ERP) suivante ont été analysées: **N2** ou **N200** (Longueur d'onde négative dont l'amplitude varie selon l'activité du cortex frontal (ACC particulièrement) et son sommet se situe entre 200 ms et 350 ms suite à la présentation d'un stimulus. Sa modulation est attribuée à la résolution de conflit (amplitude proportionnellement liée à la complexité du conflit) et **P3** ou **P300** (Longueur d'onde positive dont l'amplitude varie selon l'activité du cortex pariétal et son sommet se situe entre 300 ms et 600 ms suite à la présentation d'un stimulus. Sa modulation est attribuée à la mise à jour de la mémoire de travail et l'allocation des ressources (amplitude inversement proportionnellement liée aux ressources attribuées (voir section 3.2.1 Chemin de jardin))

- *Month ordering task* (Kempler, Almor, Tyler, Andersen, & MacDonald, 1998)

Cette tâche a pour but d'évaluer l'empan de la mémoire de travail du participant en lui faisant entendre une suite désordonnée de mois qu'il doit réciter selon l'ordre du calendrier. Le nombre de mois augmente progressivement au cours de l'expérience et la plus longue série correctement ordonnée par le participant fournit la mesure expérimentale. La cible toutefois davantage la mémoire de travail et tel que Goral, Campanelli, et Spiro (2015) le démontre, il est difficile de dénoter une différence significative entre bilingue et unilingue à ce niveau alors que le test de Simon s'y prête mieux. (voir aussi Goral et al., 2011)

- Autres tests

Le test: *dimensional-change card-sort task* (Zelazo, Frye, & Rapus, 1996) démontre que dans une tâche où l'enfant de 4-5 ans doit changer de condition (couleur VS forme) les bilingues ont tendance à mieux respecter la consigne que les unilingues (Bialystok, 1999; Bialystok & Martin, 2004).

Le test: *Children's Embedded Figures Task* a permis de démontrer que les enfants bilingues de 6 ans sont davantage capables de changer leur perspective d'une image ambiguë en inhibant les propriétés du stimulus original pour percevoir l'image alternative dissimulée.

Ces tests permettent d'évaluer sous différents angles les processus s'apparentant au facteur commun déterminé par Miyake et Friedman (2012), soit l'inhibition. Parmi ces tâches, celles de Stroop, Simon et Flanker sont les plus utilisées dans la recherche portant sur le bilinguisme et la cognition. On observe toutefois une certaine variation dans les résultats obtenus et, tel que nous l'aborderons au chapitre 2, la reproductibilité est au centre du débat sur l'avantage du bilinguisme.

2.2. Théorie de l'esprit

Ce que l'on appelle la Théorie de l'esprit (*Theory of mind*, TOM) représente la façon dont l'individu interprète les états mentaux des autres personnes de son environnement comme les intentions, les croyances et les désirs (Goetz, 2003).

2.2.1. Tester la théorie de l'esprit

Une bonne maîtrise de ce concept consiste à pouvoir concevoir l'état des choses tel qu'il nous apparaît ainsi que la perspective d'autrui; l'inhibition de sa propre conception est cruciale dans les tâches testant la TOM.

- Tâche de fausse croyance (*False belief task*, Wimmer & Perner, 1983)

Ce test tente d'évaluer l'habileté de l'enfant à prédire les pensées ou les croyances d'une personne qui ignore un changement dans une situation donnée. Dans ce genre de tâche, on informe l'enfant qu'une personne a posé un objet dans une boîte A en présence d'un observateur. Lorsque l'observateur s'absente, la personne enlève l'objet de la boîte A pour le placer dans la boîte B. On demande alors à l'enfant dans quelle boîte est-ce que l'observateur ira chercher l'objet à son retour. Pour réussir la tâche, l'enfant doit démontrer qu'il a intégré la perspective de l'observateur ignorant le changement et ainsi choisir la boîte A.

- Tâche de contenu inattendu (*Unexpected content task*, Hogrefe, Wimmer, & Perner, 1986)

Dans cette tâche, on questionne l'enfant sur le contenu d'un contenant particulier. Par exemple, on demande à l'enfant ce qu'il croit qu'il y a dans une boîte de crayon placée devant lui, puis on l'ouvre pour lui montrer qu'il n'y a pas de crayons à l'intérieur mais plutôt un objet qui n'a pas de lien avec la boîte en question. On demande ensuite à l'enfant de prédire ce qu'un individu dira qui se trouve dans la boîte sans avoir vu son contenu. Si l'enfant fait abstraction de sa connaissance du contenu et affirme que l'individu dira que ce sont des crayons qui se trouvent dans la boîte, il réussit la tâche.

- Autres tests similaires

Plusieurs autres adaptations des tâches précédemment décrites comprennent notamment : tâche du faux dessin (*False drawing task*), tâche du transfert inattendu (*Unexpected transfer task*), tâche de réalité apparente (*Appearance reality task*).

Les différents tests évaluant la TOM rapportent des résultats similaires quant à l'âge de développement de cette aptitude cognitive. Wimmer et Perner (1983) rapportent que seulement

15% des enfants de 3 à 4 ans répondent correctement à la tâche de fausse croyance alors que ce pourcentage monte à 78% pour les enfants de 4 à 5 ans.

2.2.2. Théorie de l'esprit et langage

Pour que l'enfant puisse se forger une théorie de l'esprit, plusieurs facteurs entrent en jeu : les patrons particuliers d'interaction dans la communication (Surian & Leslie, 1999), la qualité des interactions sociales (Cutting & Dunn, 1999) ainsi que la conscience métalinguistique (Doherty & Perner, 1998). Au niveau des interactions particulières, on dénote que la répétition par l'enfant du scénario l'aide à réussir les tâches de fausse croyance alors qu'une répétition de l'évaluateur n'a pas d'impact favorable (Lewis, 1994). Quant aux interactions sociales, des recherches ont démontré qu'en interagissant avec l'enfant de façon à porter son attention sur les éléments clés des situations tests, il est possible d'améliorer leur résultat aux tâches de fausse croyance (Appleton & Reddy, 1996) et de réalité apparente (Siegal & Peterson, 1994, cité dans Berguno & Bowler, 2004). D'autre part, l'utilisation de certains mots comme « premièrement » dans la question de l'expérimentateur (*Where will Sally look first for her marble?*) aide aussi les enfants de 3 ans à améliorer leur résultat dans ces tâches. De plus, Astington (2001) soutient que les recherches portant sur la TOM devraient porter une attention primordiale aux habiletés linguistiques car c'est au travers du langage que les enfants développent leurs représentations des états mentaux qui leur sont propres ou qu'ils attribuent aux autres. Ainsi, en considérant que plusieurs recherches semblent démontrer que les habiletés langagières sont étroitement liées à la TOM chez l'enfant (Cutting & Dunn, 1999), la question qui émerge alors est de comprendre quels éléments se rapportant au langage jouent précisément un rôle dans le développement de la TOM.

Les concepts qui se réclament de la TOM sont multiples et s'extrapolent à des niveaux parfois très abstraits. Lohmann et Tomasello (2003) affirment que, outre l'expression d'un changement de perspective dans le discours, l'utilisation d'une structure de phrase plus complexe incluant un complément favorise la compréhension d'une fausse croyance chez l'enfant. Certains voient donc un rapprochement entre la syntaxe et la TOM alors que d'autres vont jusqu'au niveau conceptuel, philosophique en y basant notre représentation de l'autre comme être pensant (Harris, 2005). Bien qu'un pan de la recherche sur le bilinguisme s'y intéresse, l'ampleur de la conception

de la TOM rend son étude scientifiquement plus complexe, ce qui favorise sa simplification telle que nous le verrons en 2.2.4.

2.2.3. Théorie de l'esprit et bilinguisme

L'élément principal liant ces deux concepts est que le bilinguisme permet de prédire le développement de la TOM lorsque l'âge et les habiletés verbales sont contrôlées (Farhadian, Abdullah, Mansor, & Redzuan, 2010). Il devient donc important de cibler quels éléments cognitifs de la faculté du langage jouent un rôle dans le développement de la TOM. En observant que les enfants bilingues obtenaient de meilleurs résultats que les enfants unilingues, les chercheurs en sont venus à scruter ce phénomène pour trouver à quel niveau se trouvait la cause de cet effet. Byers-Heinlein, Chen, et Xu (2014) démontre qu'un enfant unilingue peut difficilement concevoir que son univers langagier ne soit pas partagé par tous alors que son homologue bilingue se conscientise à cette réalité plus rapidement. Un item nouveau peut avoir un nom nouveau pour le bilingue de 2 ans et autrui, tout comme un objet connu peut avoir un nom X pour lui tout en ayant un nom Y pour son prochain; ce comportement n'est pas observé chez les jeunes unilingues. Wellman, Cross, et Watson (2001) ont démontré dans une méta-analyse de 178 études sur la TOM que la variance des tâches et le bagage culturel de l'enfant n'influencent pas le résultat; Goetz (2003) a aussi observé cet avantage chez les enfants bilingues par rapport aux unilingues même lorsque les parents de chacun partageaient un niveau académique et socioéconomiques similaire (d'autres recherches sur le facteur socioéconomique corroborent ce résultat (Bialystok & Viswanathan, 2009)); Goetz (2003) compare aussi les aptitudes des locuteurs de deux différentes langues avec une perspective s'approchant de l'hypothèse Sapire-Whorf au niveau de la variation de l'usage de termes relatant les désirs et l'état d'esprit (i.e. *'think'*, *'know'*) à savoir si une langue employant un marquage plus explicite ou plutôt neutre¹⁶ peut influencer le développement de la TOM chez son locuteur (usage plus commun de termes comme 'croire' au lieu de 'penser'). Sa conclusion est que dès que les deux types de marquage existent dans une langue, la fréquence d'usage n'affecte pas le développement de la TOM, ce qui corrobore avec les autres recherches

¹⁶ Lorsque le terme usuel est plus fortement ou directement lié à la croyance plutôt que de façon indirecte par un autre verbe ou avec un sens plus atténué. On pourrait penser à l'utilisation plus marquée du mot 'croire' en espagnol par rapport à 'penser' en français : « *¿Dónde crees que ella irá?* » - Où penses-tu qu'elle ira?

stipulant un développement relativement universel de la TOM au travers des différentes cultures (exception du Junin Quechua (Vinden, 1996, cité dans Goetz, 2003)).

Comme Goetz (2003) l'avance, plusieurs facteurs liés au développement de la TOM semblent être favorisés par le bilinguisme. Parmi ceux-ci, nous retrouvons la conscience métalinguistique au niveau de la dualité des représentations, le contrôle des procédés linguistiques selon l'attention sélective et son impact sur les mécanismes d'inhibition, les compétences sociolinguistiques concernant l'identification des connaissances linguistiques de l'interlocuteur (Cheung, Mak, Luo, & Xiao, 2010) et bien d'autres ralliant la linguistique à la cognition.

2.2.4. Théorie de l'esprit et fonctions exécutives

Plusieurs études traitent des avantages pouvant se manifester chez les jeunes bilingues grâce à des tâches de fausse croyance (*false belief tasks*), entre autres, sans toutefois pouvoir expliquer le rôle des mécanismes cognitifs particuliers qui créent les différences avec les unilingues (Goetz, 2003). Décortiquer ce qui est purement propre au concept de la TOM par rapport à l'ensemble des fonctions exécutives représente une tâche ardue¹⁷ qui ne fait pas consensus puisque les mêmes réseaux neuronaux sont activés par la TOM et les EF (Perner & Lang, 1999). Le développement de la TOM repose ainsi sur celui des fonctions exécutives (Talwar, Crossman, & Wyman, 2017). Certains chercheurs déclarent même que le concept doit être décomposé en deux systèmes pour conserver sa pertinence: la TOM implicite et la TOM explicite (Fizke, Butterfill, van de Loo, Reindl, & Rakoczy, 2017; Schneider, Slaughter, Becker, & Dux, 2014). La TOM implicite se composerait des capacités cognitives plus simples et plus rapide alors que la TOM explicite permettrait d'effectuer des tâches demandant une analyse plus profonde et plus longue.

Ceci dit, les résultats le plus couramment recueillis quant aux fonctions exécutives permettent de prévoir ceux de la TOM mais on ne peut faire l'observation inverse (Lecce, Bianco, Devine, & Hughes, 2017; Marcovitch et al., 2015) renforçant par le fait même l'importance de

¹⁷ Thus, telling a lie for another may tax children's ability to inhibit a response (i.e., the truth that they won), keep in mind the other person's interest (via working memory), and produce an opposite response (i.e., that the confederate won) – which might more closely approximate the skills tapped by the Stroop task than by other tasks (Talwar, Crossman et Wyman. 2017)

celles-ci dans le spectre des cognitions à évaluer. Non seulement les EF peuvent être testées plus tôt dans le développement de l'enfant (e.g. 24 mois pour les EF et 39 mois pour la TOM (Carlson, Mandell, & Williams, 2004)) mais cette dernière retient surtout son importance durant le développement de l'enfant contrairement aux EF qui fluctuent avec le temps, diminuant éventuellement en âge avancé. De plus, on retrouve un bon nombre de recherches soutenant que les régions cérébrales impliquées dans les EF sont aussi recrutées par la TOM alors que très peu d'études démontrent le lien inverse (Wade et al., 2018). Nous nous concentrerons donc dorénavant sur les fonctions exécutives pour évaluer l'avantage cognitif du bilinguisme.

Chapitre 2

Influence du bilinguisme sur la cognition

1. La recherche sur le bilinguisme et la cognition

Le rapprochement entre bilinguisme et performances cognitives a soulevé plusieurs questions quant à savoir quel aspect du bilinguisme entraîne ce phénomène. Dans la frénésie ainsi créée, la psychologue Ellen Bialystok s'est particulièrement démarquée en isolant les multiples facteurs pouvant entrer en ligne de compte dans l'expérience des bilingues.

Ainsi, Bialystok et Barac (2012) ont approfondi la mesure dans laquelle le bilinguisme peut apporter un avantage. Dans un premier temps, une augmentation de la connaissance de la langue en question améliorerait aussi les capacités métalinguistiques. Ceci n'est pas surprenant puisqu'une meilleure connaissance d'une langue permet évidemment de mieux appliquer les principes qui s'y rapportent (e.g. distinguer un mot qui ne respecte pas les règles morphologiques de la langue donnée parmi ceux qui s'y confirment). Plus grande est l'expérience dans un environnement d'éducation bilingue, mieux se développeraient les fonctions exécutives de l'individu. Il est même démontré que les jeunes apprenant leur seconde langue dans un programme d'immersion ne bénéficieraient pas du même avantage au niveau des fonctions exécutives que les bilingues simultanés.

Les effets du bilinguisme reposent ainsi sur la performance dans la langue seconde (*proficiency*) et son expérience suffisante dans l'usage de cette langue. La distinction proposée ici se trouverait entre la représentation de la structure de la connaissance et le contrôle de l'attention.

D'autre part, l'effet de la culture et des similarités langagières ont aussi été mis à l'épreuve démontrant un avantage chez les bilingues avec des langues dont le système de codage se ressemblait dans une tâche verbale avec des non-mots (Barac & Bialystok, 2012). Les bilingues anglais-espagnol se sont démarqués grâce à leur utilisation identique de la marque du pluriel dans le test de Wugs (e.g. anglais – espagnol – non-mot : *cars* – *caros* - *wugs*). On relève ainsi une variation de la performance à des tâches linguistiques chez les bilingues selon les affinités de leur langue avec le type de tâche à exécuter; les fonctions langagières joueraient ici un plus grand rôle

que les fonctions exécutives.¹⁸ Par contre, tous les bilingues, peu importe la culture ou les similarités linguistiques, ont obtenus des résultats significativement meilleurs que leurs compères unilingues dans une tâche non-verbale (adaptation d'une tâche de Simon).

De plus, Poarch et Bialystok (2015) ont observé que les enfants unilingues et partiellement bilingues répondaient de manière similaire à une tâche de flanker alors que les enfants bilingues et trilingues y démontraient une performance également accrue.

1.1. Le débat quant aux fonctions exécutives

Le débat à savoir si le bilinguisme affecte ou non les fonctions cognitives fait rage depuis quelques années et certains articles ont récemment attiré beaucoup d'attention sur le sujet (Paap et al., 2015; Valian, 2015b). L'impact du bilinguisme sur la cognition en jeu dans la fonction langagière ne soulève pas tant de critiques mais c'est au niveau des résultats rapportés s'étendant aux fonctions générales de l'appareil cérébral qu'il y a réflexion. Les deux études suivantes sont au cœur de la discussion à ce sujet et en démontrent parfaitement l'enjeu.

1.1.1. La ligne douce ou le débat nuancé

Abutalebi et Clahsen (2015) rapporte l'étude considérable qu'a mené Valian (2015b) sur le développement cognitif aux différents âges chez les bilingues afin de vérifier s'il y a un bénéfice spécifique au niveau des fonctions exécutives générales (i.e. processus qui gèrent le contrôle de l'activité cognitive et qui ne sont pas nécessairement liés au langage tel que l'attention, la perception visuelle, l'alternance entre les langues (*switching*), etc.) qui se rattache à cette population. Cette large méta-analyse conclut qu'il n'y a pas de constance significative dans les évidences retrouvées au travers des études sur le sujet :

«...there is no consistent cross-study evidence that bilingualism is more beneficial than other non-linguistic experiences that bi- or monolingual people may have to improve executive function. » (Valian, 2015b)

¹⁸ Bialystok et al. (2015) (dans Barac et Bialystok, 2012) tirent des conclusions similaires au niveau de l'apprentissage de la lecture en anglais facilité chez les bilingues espagnols et hébreux par rapport aux bilingues chinois (et davantage encore par rapport aux unilingues anglais.)

Plusieurs chercheurs se sont prononcés sur cette étude : certains renforcent cette position (tel que nous le verrons plus loin) et d'autres y portent un regard plus nuancé affirmant que la méthode de recensement des données ne permettrait pas d'extrapoler ces bénéfices recherchés (Costa, Hernández, & Calabria, 2015; Kroll, 2015). En effet, la grande majorité des réponses soutiennent que des notions théoriques plus sophistiquées doivent être établies pour définir ce qu'est le bilinguisme, en incluant les différences individuelles (Kaushanskaya & Prior, 2015; GIGI Luk, 2015; Mishra, 2015; Zahodne & Manly, 2015), et les fonctions exécutives, en incluant les fondements neuronaux liant les fonctions exécutives au bilinguisme (Kroll, 2015; Morton, 2015; Titone, Pivneva, Sheikh, Webb, & Whitford, 2015).

À l'écoute de ces commentaires, Valian (2015a) exprime les deux perspectives en vigueur qui s'opposent ainsi :

<p>1) <i>There is a benefit of bilingualism for executive function, but that benefit competes with other benefits that both mono- and bilinguals have to varying degrees. Depending on the composition of each group in any given experiment, the other benefits may be more plentiful in the monolingual than bilingual group (or sufficiently plentiful in both groups), so that the benefits of bilingualism are invisible.</i></p>	<p>2) <i>There is no cognitive benefit of bilingualism. In experiments that have found a benefit, the effect is either due to the accidentally larger number of other positive factors, such as high SES, that bilinguals have in that particular sample, or due to the correlation of bilingualism with some other active property that is difficult to separate from bilingualism.¹⁹</i></p>
--	---

Elle affirme soutenir la première position pour les raisons suivantes:

¹⁹ « *The cumulative effect of confirmation biases and common research practices has either created a belief in a phenomenon that does not exist or has inflated the frequency and effect size of a genuine phenomenon that is likely to emerge only infrequently and in restricted and undetermined circumstances.* » (Paap et al., 2015)

1- Puisque les tâches qui touchent aux fonctions exécutives ont aussi tendance à affecter les autres composantes cognitives, il serait surprenant qu'une expérience cognitive telle que le bilinguisme n'affecte pas la performance au niveau des fonctions exécutives en retour.

2- Sachant que différentes expériences sont associées à des fonctions exécutives supérieures et/ou à un délai du développement de la démence, la gestion de deux ou plusieurs langues représente assurément un effort cognitif qui s'ajoute aux nombreux facteurs qui contribuent à l'enrichissement des fonctions exécutives.

3- Bien que les résultats portant sur le sujet ne présentent pas de constance indéniable, les effets sont généralement positifs quand ils sont observés.

La conclusion tirée de l'ensemble des recherches au centre de ce débat (Abutalebi & Clahsen, 2015; Valian, 2015a) est que l'étude du phénomène au sein d'une population plus jeune est très difficile à observer parce qu'il y a trop de facteurs qui entrent en ligne de compte; ce sont surtout les jeunes adultes qui posent problème avec le moins grand nombre de résultats concluants entre les bilingues et les unilingues à cet endroit. À l'opposé, les individus plus âgés chez qui les cognitions ont atteint le sommet de leur développement, et se détériorent avec le temps, représentent un la meilleure population sur laquelle la recherche peut se baser.

Finalement, la nécessité de définir les fonctions exécutives est clairement la priorité à aborder car l'exclusion, mais surtout l'inclusion d'un trop grand nombre de facteurs tend à produire des conclusions potentiellement erronées. Ainsi, Folke et al. (Folke, Ouzia, Bright, De Martino, & Filippi, 2016) présentent un exemple d'effet contraire où le participant doit déterminer lequel des deux ensembles présentés possède le plus de points. En demandant au participant son niveau de confiance en sa réponse, les chercheurs souhaitaient tester les capacités métalinguistiques et malgré le temps de réaction plus rapide des bilingues, le niveau de confiance des unilingues était plus en accord avec leur réponse. Ceci a été interprété comme allant contre l'avantage du bilinguisme dans les métacognitions mais démontre surtout que la définition large du concept peut entraîner des conclusions portant à confusion.

Hartsuiker (2015) suit la ligne dure prétendant même qu'il est futile de chercher les circonstances précises dans lesquelles le bilinguisme représenterait un avantage puisque toute

variation d'entraînement prolongé d'un processus cognitif ou d'activation d'aires cérébrales spécifiques entraînent un changement fonctionnel cognitif, aussi minime soit-il.

Kousaie et Taler (2015)²⁰ expriment la même pensée que Valian (2015a) et plusieurs autres chercheurs sceptiques en soutenant un effort visant à préciser les éléments cognitifs susceptibles d'être améliorés par l'expérience bilingue (Marzecová, 2015; Morton, 2015).

1.1.2. La ligne dure ou le débat catégorique

Cette approche se veut plus drastique et oppose des fervents défenseurs de l'avantage du bilinguisme comme Helen Bialystok à ceux, comme Kenneth Paap, qui le réfutent entièrement. Paap & Greenberg (2013) ont démontré qu'aucune différence significative n'existe entre les groupes bilingues et unilingues au niveau de la condition dans des tests anti-saccade, Simon, flanker et alternance (*switching*) couleur-forme.

À ceci s'ajoute l'article de Paap, Johnson et Sawi (2015) qui a poussé le débat encore plus loin en abordant les biais dans la méthode de recherche employée. Ils affirment que plus de 80% des tests réalisés sur l'avantage du bilinguisme après 2011 rapportaient seulement des résultats nuls; de plus, les expériences révélant des résultats significatifs auraient tendance à avoir de trop petits échantillons selon eux. Ils se rallient ainsi à la méta-analyse de de Bruin, Treccani et Della Sala (2015) qui dénoncent une sous-représentation des études sans résultats significatifs différenciant les bilingues des unilingues et questionnant par le fait même la validité de celles démontrant un avantage du bilinguisme (Antoniou, 2019). L'argument majeur de Paap et al. (2015) est que les mesures et les tâches employées ne démontrent pas de validité convergente indiquant qu'une différence dans la performance ne pourrait refléter qu'un mécanisme spécifique à la tâche et donc non généralisable. D'autres méta-analyses indiquent aussi que de simples procédures méthodologiques comme l'ajustement des données (*data trimming*) pouvait faire en sorte qu'un écart soit plus facilement dénoté et ce favorisant les participants bilingues le plus souvent à la queue de la distribution de leurs réponses (Zhou & Krott, 2016).

²⁰« *Beyond simply implying that the ability to communicate in more than one language in a relatively proficient way over many years leads to advantages in cognition, it suggests that training in one domain, i.e., language, results in advantages in a domain-general faculty, i.e., general executive control.* »

Pour rétorquer à tout cela Bialystok, Kroll, Green, MacWhinney et Craik (2015) reviennent sur de Bruin et al. (2015) par rapport au biais de la recherche en stipulant que non seulement l'analyse en question ne dévoilait pas le nombre d'articles soumis avec des résultats positifs ou négatifs (ou nuls) pour permettre d'évaluer la proportion de rejet de chaque côté, mais puisqu'il s'agissait de conférences, les résultats ne seraient pas non plus représentatifs des études soumises aux journaux scientifiques. À ceci s'ajoute le peu de résultats démontrant un désavantage du bilinguisme dans le même genre de tâches cognitives ainsi que l'utilisation de tâches verbales pour lesquelles un désavantage chez les bilingues était déjà connu (*word retrieval*) (L. Luo, Luk, & Bialystok, 2010).

Paap, Anders-Jefferson, Mikulinsky, Masuda et Mason (2019) récidivent en s'opposant formellement au modèle du contrôle de l'inhibition (*ICM*) de Green (1998) en exposant des résultats ne démontrant aucune corrélation entre les tâches reposant sur des conflits Stimulus-Stimulus (Simon) et sur des conflits Stimulus-Réponses (Stroop, Flanker). Ils démentent ainsi l'implication d'un processus cognitif général au profit d'un modèle interaction-activation-bilingue-plus (*BIA+*) où un système d'identification du mot (*WIS*) ne pourrait être activé que lors de tâches linguistiques; cet effet d'encapsulation ne permettrait pas au bilingue de mettre à profit ces avantages cognitifs lors de tâches non-linguistiques. Paap et al. (2019) tentaient ainsi de déconstruire le concept d'inhibition et d'établir une conceptualisation connexionniste mettant de l'avant l'activation de réseaux de nœuds spécifiques et appropriés selon le contexte (linguistique). Aucune relation significative n'est établie entre la fréquence de changement de langues ou même en traitant le degré de compétence dans la langue seconde comme une variable continue, critique qui avait déjà été soulevée quant à la considération de l'ensemble des facteurs (Woumans & Duyck, 2015).

1.1.3. Ouverture sur le bidialectisme

Bien que Kempe, Kirk et Brooks (2015; ainsi que Kirk, Kempe, Scott-Brown, Philipp, & Declerck, 2018) admettent que les arguments de Paap et al. (2015) soient pertinents quant à la légitimité des recherches sur le sujet, ils élaborent sur le bidialectisme pour défendre les résultats discutables (surtout au niveau de la réplique des trouvailles). Ceux-ci reprennent l'idée de Green (1998) affirmant que pour accéder à une représentation lexicale dans une langue choisie, le schéma

de la tâche langagière ciblée doit être activé alors que ses compétiteurs lexicaux doivent être activement inhibés. Ici, Kempe et al. (2015) affirment que les individus considérés comme unilingues présentent parfois des similarités avec les bilingues lorsqu'ils maîtrisent une variante de leur langue maternelle; en alternant les dialectes, les accents, les sociolectes, selon l'interlocuteur ou le contexte, ces unilingues exerceraient leur cognition comme les bilingues. Ces chercheurs ont ainsi démontré qu'en comparant une population bidialectale et unilingue on peut retrouver les mêmes résultats qu'en comparant des bilingues et des unilingues. Ils rapportent ainsi un temps de réponse plus long dans les tâches d'identification lorsqu'il y a un changement de dialecte alors que les mots apparentés (*cognates*) sont nommés plus rapidement que les autres.

Ceci démontre une grande ressemblance entre le bidialectisme et le bilinguisme bien que la reconnaissance de chacun soit différente. Ainsi, un individu parlant plus d'un dialecte d'une langue serait toujours considéré comme unilingue selon les critères de sélection de plusieurs recherches sur le bilinguisme et pourrait expliquer la difficulté de répliquer des résultats rapportée par Paap et al. (2015). D'un autre côté, Kempe et al. (2015) réfutent l'argument selon lequel avoir des fonctions exécutives supérieures faciliterait l'apprentissage d'une nouvelle langue. Leur expérience démontre en effet que bien que l'intelligence non-verbale puisse faciliter l'intégration d'une autre langue, elle ne justifie pas pour autant l'ensemble du phénomène.

2. Réévaluation des fonctions exécutives comme objet d'étude

Diamond (2013) aborde les multiples controverses reliées aux fonctions exécutives (lien entre EF et l'attention, le contrôle volontaire de l'inhibition, le rôle de la mémoire de travail) pour préparer le terrain afin qu'une restructuration du concept de EF soit faite en considérant l'importance de l'aspect social et même émotionnel pouvant influencer leur façonnement.

2.1. Importance de la définition des fonctions exécutives en jeu

Tel que Valian (2015a) l'a rapporté, une définition précise englobant les items pertinents quant aux fonctions exécutives doit être créée et adoptée universellement pour pouvoir travailler sur le concept d'une manière scientifiquement plus rigoureuse. En effet, le terme en soi couvre une grande variété d'habiletés cognitives et la plupart des tâches employées dans la recherche impliquent des processus incluant mais aussi excluant les fonctions cognitives; ces différentes

composantes peuvent être corrélées positivement, négativement ou non corrélées entre elles selon la tâche (e.g. tâche de Simon, flanker). Un tri exhaustif doit donc être fait pour ne conserver que les éléments constitutifs des fonctions exécutives dans les tâches apprêtées à la variable en question (i.e. Bilinguisme).

2.2. Fonctions exécutives et langage

La question à savoir si le pFC (i.e. le siège des fonctions exécutives) contribue au langage de façon spécifique (*domain-specific*) ou générale (*domain-general*) fait elle-même couler beaucoup d'encre depuis plusieurs années (Fedorenko, Duncan, & Kanwisher, 2012). Il est intéressant de voir que la question se porte jusqu'au bilinguisme au niveau du langage et on peut aller plus loin en se demandant s'il s'agit d'une contribution dans la compréhension ou la production. Bourguignon (2014) tente ainsi de réunir les approches hiérarchiques²¹ des fonctions exécutives (e.g. Botvinick, 2008) et les modèles neuro et psycholinguistiques du langage (e.g. Indefrey & Levelt, 2004) afin de démystifier leur rôle dans les comportements verbaux.

L'ensemble de cette méta-analyse nous permet surtout de 1) cibler les aires cérébrales activées par la fonction du langage afin de comparer l'activation des locuteurs unilingues et bilingues pour découvrir si des différences existent à l'extérieur des aires purement langagières en plus de 2) mettre en lumière les différences d'activation des aires ayant des fonctions verbales et non-verbales entre les bilingues et unilingues.

« The same gradient underlies the various classes of continuous speech – from pre-planned to spontaneous – and brings the additional argument that this system must interact with domain-general, fronto-polar systems for creative language expression. This approach aims to reconcile language-specific and language-general approaches to pFC functional anatomy by supporting the coexistence of sub-regions that are specialized for syntactic speech and sub-regions involved in creative reasoning and interpretation.

Accordingly, word generation tasks have been shown to recruit primarily mid-and ventrolateral regions of anterior pFC (i.e., BA45/46 and BA47, Snyder et al., 2011a,b; Tremblay and Gracco, 2006), which have also been associated with hierarchically superior levels of

²¹ Voir Annexe 6

control and exploration (Koechlin and Jubault, 2006; Donoso et al., 2014), con-trolled semantic retrieval and selection (Badre and Wagner, 2007), as well as semantic associative processes (Petersen et al., 1988). (Bourguignon, 2014)

Il y a un gradient caudal à rostral dans l'activité du pFC opérationnalisée par la nature et la quantité de l'information reliée à la parole dans le codage d'indices sensoriels (*cue codability*) de tâches données et la totalité du contenu d'information des énoncés générés.

Bourguignon et Gracco (2019) apportent certaines précisions au niveau du pFC en spécifiant que certaines aires corticales faisant partie des régions reliées structurellement au langage supportent aussi des fonctions clés dans le contrôle cognitif. Le dlPFC joue un rôle dans les processus sémantiques et dans la maintenance de l'information dans la mémoire à court terme. La récupération et la sélection des représentations lexico-sémantiques parmi les alternatives en compétition ainsi que le monitoring d'information non-verbale se font dans le vlPFC.²² Cette observation appuie nettement le model de la cognition étendue au détriment de l'encapsulation. En effet, la pluralité des fonctions remplies par le PFC en témoigne d'autant plus que ses liens ventraux et dorsaux avec des régions associatives postérieures sont impliqués dans d'autres tâches associatives et de jugement (Bourguignon & Gracco, 2019).

De plus, une des tâches utilisées dans sa méta-analyse est celle de l'identification d'objet (*object naming*) qui implique un contrôle cognitif important lors du processus de sélection de la bonne réponse parmi les alternatives en compétition. Qu'il s'agisse des noms ou des verbes en compétition dans ce genre de tâche, l'ensemble du vocabulaire est définitivement décuplé chez un locuteur bilingue ce qui ne peut qu'entraîner un changement quelconque dans le conditionnement de ce processus.

3. Localisation des fonctions exécutives en jeu dans le bilinguisme

Abutalebi et Green (2016) se basent sur le fait que deux langues sont constamment en compétition pour le contrôle de ce qui est produit par le bilingue. Il doit donc y avoir un réseau de

²² Voir Annexe 7

contrôle du langage pour implémenter l'intention de parler dans une langue plutôt qu'une autre, gérer et réguler les interférences produites par la langue non-ciblée, se désengager d'une langue en utiliser une autre, ou pour faire un changement de code (CS) durant une même conversation. Ils répertorient ainsi les différentes aires du cerveau qui jouent un rôle dans ces processus et en tirent un portrait global.

3.1. Le cortex cingulaire antérieur dorsal (dACC) et l'aire motrice pré-supplémentaire (pre-SMA)

Le cortex cingulaire antérieur dorsal (dACC) et l'aire motrice pré-supplémentaire (pre-SMA) sont toutes deux actives dans la résolution de conflit (*conflict monitoring*) ainsi que dans l'initiation du discours dans le cas de pre-SMA. Ces deux aires sont notamment activées durant le changement de langues et la sélection de la langue chez les bilingues (Abutalebi, Brambati, Annoni, Moro, Cappa & Perani, 2007) ainsi que lors de la résolution de conflits interlinguistiques (Rodriguez-Fornells et al., 2005; van Heuven, Schriefers, Dijkstra & Hagoort, 2008). Qu'il s'agisse d'un contexte linguistique ou non, elles sont actives lors de la sélection de réponse dans les tâches de résolution de conflit (Abutalebi et al., 2012; Branzi, Della Rosa, Canini, Costa, & Abutalebi, 2016). L'activation du dACC et pre-SMA est aussi rapportée chez les unilingues lors de la sélection entre les verbes et les noms dans leur seule langue (Abutalebi, Della Rosa, Ding, Weekes, Costa et Green, 2013a), mais les bilingues y ont aussi constamment recours dans la sélection de la L1 ou de la L2 ce qui entraîne une augmentation de la densité de la matière grise se conservant jusqu'à l'âge avancé chez les bilingues (Abutalebi, Guidi, Borsa, Canini, Della Rosa, Parris et Weekes, 2015a).

3.2. Le cortex préfrontal gauche

Alors que cette aire possède de multiples fonctions, surtout sur le plan du contrôle cognitif, il est particulièrement important de mentionner le rôle de l'aire dorsolatérale du cortex préfrontal (DLPFC) dans la sélection du stimulus cible parmi de multiples informations interférentes (Ridderinkhof, Ullsperger, Crone, & Nieuwenhuis, 2004). L'aire gauche médiale et inférieure du gyrus frontal (LIFG) est, quant à elle, généralement associée au réseau du contrôle langagier en inhibant les processus automatiques et en contrôlant les informations non pertinentes (e.g. inhiber

la L1 lorsque la L2 est choisie). On dénote ainsi une activation du cortex préfrontal gauche dans les tâches de productions langagières (e.g. génération de mots, identification d'image et fluence verbale) mais aussi dans l'inhibition de la langue dominante lorsqu'on utilise la langue dominée (Perani et al., 2003). On parle ici de 'l'effet préfrontal' exposant l'effort qui doit être réalisé par les bilingues quand ils utilisent la langue qu'ils maîtrisent moins. C'est le rôle de sélecteur ou supprimeur, qui caractérise le cortex préfrontal gauche (Green & Abutalebi, 2013).

3.3. Le cortex frontal inférieur droit

Il s'agit du siège de l'inhibition (Aron, Behrens, Smith, Frank, & Poldrack, 2007). Lié au putamen et au noyau codé par le thalamus, son rôle activation, durant le changement de langue par exemple, est attribuée au control de l'inhibition en catégorisation large (*domain-general*) (Aron, Robbins, & Poldrack, 2004)²³. Branzi et al. (2016) démontre une activation de cette zone lorsqu'on nomme des items en L1 après avoir fait la même tâche en L2; lorsque L2 suit L1, c'est le phénomène inverse (diminution de l'activation) qui se produit. On doit donc soulever l'hypothèse de la différenciation entre le mécanisme d'inhibition (dirigé sur L2 durant l'usage de L1) et de sélection (accru durant l'utilisation de L2) dans des contextes de compétences non équivalentes entre les deux langues (langue dominante et dominée).

3.4. Les lobules pariétaux inférieurs

Composée du gyrus supramarginal (40) et du gyrus angulaire (39), cette aire est liée au processus attentionnel lors de l'utilisation de la mémoire à court terme (Majerus et al., 2010). Pour ce qui est du bilinguisme, on dénote qu'une lésion au niveau du gyrus angulaire entraîne une difficulté majeure dans le changement de langue chez les bilingues (Pötzl, 1925). Abutalebi et Green (2008) ont poussé davantage la recherche et postulent que le lobule pariétal droit diminue l'influence de la langue non utilisée alors que son homologue gauche favorise la langue sélectionnée. De plus, on retrouve une densité plus importante de matière grise dans la région

²³ Dix ans plus tard ils spécifient

postérieure de gyrus supramarginal chez les bilingues et elle serait proportionnelle à la compétence du locuteur dans sa L2 (Abutalebi, Canini, Della Rosa, Green & Weekes, 2015b). Della Rosa et al. (2013) ont mesuré ce changement opéré au travers du temps avec le développement de la L2.

3.5. Autres aires cérébrales

Certaines autres aires cérébrales sont aussi potentiellement touchées par l'avantage du bilinguisme. Le cervelet jouerait notamment un rôle au niveau de la morphosyntaxe mais sa contribution fonctionnelle précise n'est pas encore connue. En ce qui a trait à la dégénérescence de certaines aires, on observe un rôle particulier joué par les ganglions basaux chez les patients atteints de la maladie de Parkinson (voir chapitre 3). On n'étendra pas davantage notre champ d'observation à d'autres aires d'activation recensées lors d'événements éloignés potentiellement reliés au bilinguisme pour ne conserver que ce qui est plus largement répertorié et ainsi diminuer les risques d'inclusion de phénomènes autres.²⁴

4. Conclusion

Suite à cette observation ciblée des aires cérébrales et des fonctions exécutives qui y sont liées, la synthèse de l'ensemble doit être faite. Deux circuits se démarquent : contrôle local et global. On recense ainsi les aires LIFG, RIFG, LIPL, et RIPL comme étant actives à ces deux niveaux comme lors de tâche d'identification en L1 après avoir nommé en L2 (suppression de l'inhibition de la L1 durant la tâche précédente) indépendamment du fait que le contrôle soit local ou global. De l'autre côté, l'activation du dACC/pre-SMA s'agencerait au contrôle local seulement et particulièrement lors de l'identification en L2 (Abutalebi et Green, 2016). Leur proposition est la suivante:

« language control in bilinguals might be hierarchically organized with the dACC/pre-SMA acting as the supervisory attentional system, recruited for increased monitoring demands such as local control in L2. On the other hand, prefrontal, inferior parietal areas

²⁴ Il faut toutefois considérer que bien que la localisation spatiale et temporelle de l'activation neuronale démontrent une corrélation, il ne s'agit pas nécessairement d'une explication du comportement. (Poeppel, 2013)

and the caudate would act as the response selection system, tailored for language selection for both local and global control. » (Abutalebi & Green, 2016)

Chapitre 3

L'impact clinique et les considérations pour la recherche

1. Considérations importantes pour la recherche

À la lumière de toutes ces recherches, nous avons pu cibler les aires cérébrales responsables des fonctions exécutives s'apparentant au bilinguisme selon des critères précis. Cependant, certains autres éléments marginaux nécessitent d'être considérés par la recherche sur le sujet.

1.1. Spécificité du changement de code (*code-switching*)

Green (2011) rappelle l'importance des différences individuelles chez les locuteurs et comment celles-ci peuvent jouer un rôle de premier plan dans le contrôle du langage notamment pour les bilingues. L'écologie comportementale (*behavioral ecology*) des individus bilingues ainsi que de leur communauté diffère et ceci tend à transformer les circuits neuronaux impliqués dans le contrôle du langage. Ce processus est au centre de son approche sur le bilinguisme qui stipule que le changement de code (*code-switching*) diffère grandement selon la communauté linguistique. D'un côté, il peut y avoir une distinction claire entre les deux langues employées selon le contexte ou le sujet de discussion ce qui entraîne ses membres à éviter les conflits langagiers. À l'opposé, il y a celles qui favorisent plutôt l'activation jumelée (*joint activation*) des deux langues pour créer des énoncés appropriés (e.g. le français alsacien jumelant certains mots français à des particules allemandes).

Green (2011) bâtit son argument selon lequel le contexte d'emploi influence irrévocablement le processus de contrôle du langage et l'activité cognitive qui s'y rattache. Sur le plan neurologique, le changement de code dans un contexte d'emploi à deux langues entraîne une demande accrue de la région frontale et subcorticale où la sélection de la cible langagière peut se faire tard dans la séquence de production. À l'opposé, cette sélection peut être déclenchée tôt et majoritairement dans les régions frontales dans un contexte n'impliquant qu'une langue. Green (2011) a en effet observé que les régions du cortex frontal inférieur gauche, cortex cingulaire antérieure (ACC) et noyau caudé répondent toutes différemment en fonction du contexte expérimental. Les trois sont activées durant le changement de langue dans une situation y faisant

appel alors que ce type d'activation est absente dans les tâches unilingues (e.g. nommer des noms d'objets en L1 ou générer des verbes qui y sont associés).

«In this single language context (bilingual speakers use just one of their languages throughout the entire experimental session), the anterior cingulate and caudate are not significantly activated when participants name pictures and activation in these regions does not differ from that found in monolingual speakers (Green et al., 2011). There is however increased activation in left prefrontal regions compared to that shown in monolingual speakers. » (Green, 2011)

Green (2011) établit qu'il faut distinguer l'activation reliée à l'interférence et celle associée au contrôle de l'interférence; l'activation des aires BA44 et BA45 serait inversement liée à l'interférence de Stroop²⁵ chez les unilingues.

Bobb et Wodniecka (2013) remettent toutefois en question le coût du changement (*switch cost*) comme étant la variable cruciale reflétant le processus d'inhibition de la Ln. Les caractéristiques du stimulus employé (e.g. univalent (stimulus se rapportant à une seule langue, comme un chiffre écrit) versus bivalent (stimulus pouvant se rapporter à plusieurs langues, comme un chiffre numéral)). Ong, McKague, Weekes, et Sewell (2019) approfondissent ce point et expliquent ces différences de coût de changement par la combinaison de l'activation de l'accès lexical et du processus décisionnel propre à la tâche-même.

1.2. Validité écologique et changement de langue

Blanco-Elorrieta et Pylkkänen (2018) tentent de définir le coût réel pouvant être attribué au changement de langue chez les bilingues. Ils affirment que ce processus n'est pas aussi énergivore au plan cognitif si l'on ajuste les éléments présentés selon le cas. Le choix du stimulus et de l'amorce doit tenir compte de l'association (socioculturelle, environnementale, etc.) existant entre ceux-ci et la langue visée. De ce fait, l'activation des régions liées au contrôle exécutif (soient le cortex préfrontal, l'aire motrice pré-supplémentaire/cortex cingulaire antérieur et le noyau caudé

²⁵ Aussi appelée effet Stroop (*Stroop effect*) : déclin de la performance dans les tâches d'incongruences; meilleure performance dans les tâches congruentes.

gauche) peut varier selon le caractère arbitraire du stimulus et selon la force de l'imposition du changement de langue.

Employer un visage présentant des caractéristiques stéréotypiques d'une appartenance culturelle s'apparente à une situation plus réaliste pour le locuteur bilingue.²⁶ Ce type de stimulus engendrait moins d'activation du cortex préfrontal, lié au control exécutif, qu'un texte apparenté à une langue et encore moins qu'une consigne dont le lien avec la langue demande plus d'analyse.

De Bruin, Bak et Della Sala (2015) ont démontré que les bilingues changeant fréquemment de langues voyaient leur coût cognitif attribué à cette tâche diminuer alors que les bilingues qui n'en avaient pas l'habitude ne se différenciaient pas des unilingues à ce niveau.

Hartanto et Yang (2016) révèlent que le type de changement de code (*code-switching*) était crucial pour identifier ce qui affecte particulièrement les fonctions exécutives chez le bilingue. Le changement de langue intraphrasial serait plutôt volontaire et fluide ce qui diminuerait le coût cognitif alors que le changement de langue interphrasial serait plutôt imposé et moins naturel impliquant ainsi un coût plus grand au niveau cognitif. Ces deux types de changement favorisent l'entraînement cognitif mais le milieu de vie du bilingue est d'autant plus important. Ainsi, un individu utilisant deux langues dans un contexte à deux langues expérimentera plus fréquemment ce phénomène qu'un autre vivant dans un contexte unilingue.

L'étude de Paap et al. (2019) prend aussi ce facteur en considération mais ne recense que 9% de ses participants qui affirment faire usage de changement de langue intraphrasial couramment; ce changement serait dû à une difficulté de l'accès lexical dans un registre langagier. Ceci soulève un point d'importance de la composante sociale du changement de code puisqu'un changement volontaire pour des raisons d'acceptation sociale, par exemple, favoriserait nécessairement davantage les fonctions exécutives plutôt qu'un changement dû à un manque du mot.

1.3. Phénomène du chemin de jardin (*Garden-path*)

Pozzan et Trueswell (2016) ont noté une difficulté accrue à réviser une interprétation initiale (dans le style *Garden-path*) dans une L2 pour les bilingues intermédiaires et ce autant pour les jeunes apprenants dont les habiletés cognitives ne sont pas encore matures que chez les adultes.

²⁶ Voir Annexe 8

Cette difficulté semble être causée par un recrutement des aires préfrontales (e.g. LIFG lié au contrôle exécutif) dépassant largement celui fait par les bilingues balancés (ou les locuteurs natifs d'une L1) entraînant ainsi une surcharge potentielle du réseau cognitif traitant les deux tâches en jeu : comprendre la phrase dans une L2 et réviser l'ensemble pour y trouver le sens.

Teubner-Rhodes et al. (2016) ont approfondi les recherches sur le sujet en testant des participants unilingues et bilingues au moyen de tâches de mémorisation rétroactive (N-back) et de type *Garden-path*. En introduisant un leurre dans cette tâche de mémorisation²⁷, les chercheurs disent créer une situation conflictuelle nécessitant les mêmes fonctions cognitives pour la résoudre que lors de la compréhension d'une phrase complexe. Les deux tâches ont un conflit (familiarité avec le mot en N-back et le biais vers une interprétation de la phrase avec le sujet en premier) qui contrevient avec la consigne d'orientation bottom-up (la position sérielle réelle du mot en N-back et l'interprétation de la structure syntactique avec le complément (objet) en premier) et créant une situation suffisamment complexe pour distinguer l'avantage du bilinguisme puisqu'il n'est pas significativement rapporté lorsque ce type de conflit est absent. Ils dénotent des résultats dominants et similaires chez les bilingues par rapport aux unilingues concluant ainsi :

«We observed a bilingual advantage across two tasks sharing a common cognitive control component, namely, a high-conflict Nback task and sentence processing involving syntactic ambiguity resolution. The observation of a bilingual advantage on both tasks is one of the first demonstrations that bilingualism significantly bolsters performance across tasks relying on common cognitive control processes.» (Teubner-Rhodes et al., 2016)

Teubner-Rhodes et al. (2016) s'opposent ainsi à Paap et Liu (2014) qui, lors d'une tâche de suppression de l'homographe selon le sens du mot test²⁸, n'ont observé aucun avantage du bilinguisme. En utilisant un mot test pour susciter un lien sémantique avec l'homographe, ces derniers forçaient les participants à supprimer cette information en faveur de la réponse basée sur le sens véhiculé par le contexte de la phrase. Cette étude soulève toutefois l'importance de considérer l'interférence d'activation lexicale dans plus d'une langue à laquelle fait face les bilingues dans ce genre de tâche et qui les retransche dans une position moins favorable par rapport

²⁷ Voir Annexe 2

²⁸ Voir Annexe 3

à une évaluation de l'information linguistique purement contextuelle (e.g. Style Garden-path). On conçoit donc que le léger avantage que peuvent présenter les bilingues au niveau du monitoring des informations conflictuelles complexes peut disparaître si une suractivation involontaire est perpétrée par un lien lexical quelconque.

Le tout se raccorde à Costa, Hernández, Costa-Faidella et Sebastián-Gallés (2009) qui ont pu déterminer que seules les circonstances de monitoring plus accru permettent de distinguer significativement un avantage cognitif chez les bilingues. Leur manipulation des cas de congruence et d'incongruence durant une tâche de flanker l'a en effet démontré. C'est lorsque l'hétérogénéité des tests était plus grande, c'est-à-dire que les tâches variaient davantage, que le phénomène s'observait. L'avantage des bilingues était à son apogée dans une distribution de 50% de tests congruents (le reste étant incongruent) et à son plus bas dans des distributions de 92% ou 8% de tests congruents. La complexité de la tâche n'aurait pas un aussi grand impact que la variation même des tâches dans le phénomène.

La composante émotionnelle a aussi été abordée par Barker et Bialystok (2019) qui ont enregistré un impact moins élevé des distractions émotionnelles dans une tâche N-back impliquant des visages chez les bilingues par rapport aux unilingues surtout au niveau de la colère. Le recrutement du réseau neuronal supportant les différentes réponses comportementales désirées chez les individus ayant appris une L2 en très bas âge est réalisé plus facilement que chez les unilingues. Elles affirment que bien que le temps de réaction soit plus lent chez les bilingues, ceux-ci choisissent plus souvent la bonne réponse que les unilingues ce qui pourraient s'expliquer par leur P300²⁹ plus atténuée permettant aux bilingues d'accorder plus de ressources à la mémoire de travail. Les différences rapportées sont toutefois minimales au plan comportemental mais les auteurs soutiennent que la différence observée au niveau de l'activation cérébrale pourrait être la source de la réserve cognitive développée avec l'âge chez les bilingues.

1.4. Grammaire et activation variable

²⁹ Déflexion positive dans un test de potentiel évoqué (PEC ou ERP) souvent enregistré entre 300 et 500 millisecondes après la présentation du stimulus et attribué au processus catégorisation et à l'attention portée au stimulus cible. Plus son amplitude est grande, plus l'individu porte attention au stimulus. (Barker et Bialystok, 2019)

Bahlmann, Gunter et Friederici (2006) comparent deux types de grammaires artificielles pour voir si l'activation neuronale que suscite une erreur qui leur est propre varie de manière similaire ou expose une différence pouvant se généraliser. Ils observent une variation d'activation (positivité tardive) en fonction de la violation de la position au sein de la hiérarchie de la structure séquentielle. La détection d'erreurs dans deux grammaires différentes, même si l'une est artificielle, entraînerait une séparation neuroanatomique fonctionnelle pouvant être perçue comme étant du même domaine. La généralisation possible ici serait qu'un individu fréquemment exposé à des systèmes de règles grammaticales différents pourrait se retrouver fonctionnellement avantage dans des tâches partageant un domaine similaire.

1.5. Note sur le bilinguisme bimodal et la production simultanée de deux langues

Elles ajoutent que leur expérience corrobore les résultats recueillis par les études sur le bilinguisme bimodale. Celles-ci ne dénotent pas d'avantage du bilinguisme par rapport aux unilingues ce que Blanco-Elorrieta et Pylkkänen (2018) attribuent au fait que ces bilingues produisent habituellement les deux langues en même temps plutôt que de devoir inhiber l'une tout en produisant l'autre; ils ne feraient pas face à autant de contraintes que les bilingues unimodaux qui, eux, doivent user du processus de contrôle exécutif à un niveau plus spécifique puisque les deux registres langagiers partagent les mêmes articulateurs.

La production de deux langues en employant deux modalités différentes serait ainsi moins coûteux au plan cognitif que le blocage de l'une d'elle pour ne produire que l'autre. En éteignant (s'abstenant de produire) une langue, l'activation de l'ACC et du dlPFC augmente ce qui requiert une connectivité accrue entre le dlPFC droit et gauche (Blanco-Elorrieta, Emmorey, & Pylkkänen, 2018). De plus, l'activité du dlPFC permet de prédire celle du ACC ce qui correspond à un modèle de haut en bas attribuant le rôle d'identificateur de conflit au dlPFC et celui de la résolution à l'ACC. Elles tirent ainsi la conclusion suivante :

« The burden of language switching lies in disengagement from the previous language as opposed to engaging a new language and that, in the absence of motor constraints, producing two languages simultaneously is not necessarily more cognitively costly than producing one. » (Blanco-Elorrieta et Pylkkänen, 2018)

En revanche, l'avantage sur le contrôle cognitif est observé chez les bilingues bimodaux qui pratiquent souvent la traduction simultanée. L'avantage serait alors proportionnel à l'expérience dans ce contexte.

Ceci permet de préciser quel type de tâche au sein du bilinguisme permet d'entraîner les fonctions exécutives. De Bruin, Samuel et Duñabeitia (2018) ont réitéré que c'est au niveau du changement (*switch*) que l'on retrouve un coût au niveau cognitif. En effet, il est significativement plus lent de ne choisir les mots que dans une langue plutôt que de volontairement utiliser le mot qui nous vient le plus vite dans les deux langues connues.

2. Fonctions exécutives, vieillissement et pathologies

Nous terminerons en démontrant de quelle façon la recherche s'est adaptée à l'évaluation du vieillissement et des pathologies selon à la lumière des liens faits entre le bilinguisme, la cognition et la plasticité cérébrale.

2.1. Vieillissement

Valian (2014b) rappelle toutefois qu'au niveau du déclin des fonctions cognitives, il y a au contraire un ensemble beaucoup plus grand de facteurs pouvant influencer la réserve cognitive et le bilinguisme en fait définitivement partie. Abutalebi et Clahsen (2015) en viennent à des conclusions similaires en réitérant l'impact du bilinguisme sur les capacités cognitives à l'âge avancé.

D'autre part, alors que Valian (2014) admet que l'âge représente un facteur important à évaluer dans la recherche sur l'avantage du bilinguisme, Paap (2015) ne l'évoque que brièvement et prétend que même chez les sujets âgés on n'observe pas de différence entre les bilingues et les unilingues. Or, l'étude même que ce dernier cite (i.e. Hilchey & Klein, 2011) soutient que les processus de contrôle de l'inhibition déclinent avec l'âge et qu'un avantage est retrouvé chez les bilingues à cet endroit. Toutefois, il ne supporte pas le modèle émis par Green (1998) puisque l'effet d'interférence impliquant ce genre de processus, bien que plus facilement observable chez les sujets plus âgés, tend à disparaître avec l'augmentation du nombre de résolutions de tâches auquel le sujet est exposé. Kleinman et Gollan (2018) explique ce phénomène ainsi:

«bilingual control can depend on seemingly trivial methodological details (e.g., the number of trials in a block) because inhibition is applied cumulatively at both local and global levels, persisting long after each individual act of selection. » (Kleinman et Gollan, 2018)

Toutefois, Hilchey, Saint-Aubin, Jean et Klein (2015) tentent de démystifier cet effet en comparant les études de Bialystok, Klein, Craik et Viswanathan (2004) et Lee Salvatierra et Rosselli (2011) qui démontrent toutes deux des résultats bien différents. L'écart majeur entre ces deux études est au niveau de la réalisation de la tâche de Simon alors que Bialystok et al. (2004) rapportent des résultats plus élevés chez les bilingues autant dans les tâches complexes que dans les tâches simples contrairement à Salvatierra et Rosselli (2011) ne les détecte que dans les tâches simples. Quelques disparités entre les deux études sont citées (e.g. la différence culturelle entre les bilingues des deux études (Espagnol-Anglais pour Rosselli; Tamil-Anglais et Cantonais-Anglais pour Bialystok), l'âge d'acquisition plus précoce chez les bilingues de l'étude de Bialystok) et les auteurs stipulent qu'une plus grande rigueur sur le contrôle des variables serait de rigueur pour démontrer si un réel avantage du bilinguisme existe au niveau de l'inhibition (i.e. contrôle de l'interférence) ou des fonctions exécutives en général. Ces derniers adoptent ainsi une position très sceptique quant à la réserve cognitive favorisée par le fait de parler plus d'une langue en vieillissant tout en ne niant pas que des changements au niveau des structures cérébrales y sont liés.

L'âge représente en effet un facteur important dans le déclin des fonctions cognitives. On retrouve en effet un déclin des fonctions exécutives proportionnel à l'âge et plus spécifiquement au niveau du coût du changement (*switch cost*) non-linguistique (Calabria, Branzi, Marne, Hernández, & Costa, 2015). Ce déclin avec l'âge n'est toutefois pas observé au niveau verbal. De plus, ils observent une moins grande utilisation des fonctions exécutives pour les tâches verbales chez les bilingues précoces ce qui les amène à conclure qu'il existe un lien fort entre le langage et la protection contre le déclin des EF avec l'âge. Cette protection contre le déclin des EF porte le nom de réserve cognitive.

2.2. Réserve cognitive et neuronale

Abutalebi et al. (2015) consolide les arguments de la réserve cognitive et de la réserve neuronale favorisées par le bilinguisme que Bialystok avait soulevés. En premier lieu, ceux-ci

rappellent une quantité plus importante de matière grise (et de matière blanche selon Luk et al., 2012) dans le ACC chez les bilingues par rapport aux unilingues. D'autre part, bien que l'âge soit inversement proportionnel au volume de matière grise dans le DLPFC pour tous, ils ont observé une corrélation inverse significative entre le volume de matière grise et la vitesse de réaction dans une tâche de contrôle cognitif seulement chez les unilingues et non pas chez les bilingues.³⁰

Del Maschio et al. (Del Maschio et al., 2018) approfondissent ce lien entre volume de matière grise (GMV) et contrôle exécutif (EC). Chez les jeunes adultes, alors qu'un plus grand GMV est mesuré chez les bilingues, ceux-ci ne diffèrent pas significativement des unilingues au niveau du EC. Cette différence entraîne toutefois un écart de performance dans la tâche de flanker entre les bilingues et les unilingues âgés. Ainsi, la réserve neuronale ne calque pas parfaitement la réserve cognitive puisqu'il semble y avoir un effet de pratique avec le temps qui soit important pour que l'usage d'une seconde langue fournisse un bénéfice cognitif à cet endroit.

Treccani & Mulatti (2015) préviennent ici d'éviter les conclusions hâtives corrélant réserve neuronale et réserve cognitive que certaines recherches tendent à faire (e.g. Luk et al., 2012 selon eux). Ceux-ci indiquent que le manque de constance entre les résultats des recherches et leur interprétation démontre un manque de clarté dans les mécanismes sous-tendant le contrôle du langage chez les bilingues, leurs corrélats neuronaux et les processus cognitifs généraux. Ce jugement se base surtout sur l'analyse du volume de matière blanche et vient nous rappeler l'importance de la définition des concepts de recherches, autant au niveau du bilinguisme que des cognitions en jeu dans les tâches choisies.

Ong, Sewell, Weekes, McKague et Abutalebi (2017) utilisent la tâche de Flanker (Flanker task) et le modèle de diffusion de Ratcliff (1978) pour explorer le contrôle de l'attention, que l'on peut rapporter à l'inhibition (ou facteur commun). Ils observent ceci:

«Non-decision time was shorter on incongruent flanker trials for bilingual speakers but other parameters relating to quality of evidence (drift rate) and decision criterion (boundary separation) did not differ between groups. We interpret this non-decision time cost as reflecting a process of attentional 'filtering out' of distracting information. We

³⁰ « aging effect (i.e. decrease of GM volumes related to age) for both groups, however a greater positive difference between reaction times to incongruent and congruent trials (i.e. more control) is positively correlated with the volume of GM in DLPFC only for the monolinguals but not for the bilingual group. » (Abutalebi et al., 2015)

therefore contend that lifelong bilingual language experience generates enhanced attentional control for seniors. » (Ong et al., 2017)

2.3. Parkinson

Selon Cattaneo et al. (2015), l'atteinte aux ganglions basaux chez les patients souffrant de la maladie de Parkinson (PD) altère leur contrôle du langage et la comparaison de leur performance dans une tâche d'alternance langagière face à celle de bilingues contrôles pourrait établir un lien entre cette fonction propre au langage et les fonctions exécutives généralisées. Ils emploient deux types de tâches afin d'explorer le phénomène : l'une linguistique et l'autre non.

Tâche linguistique :

- Version simple (*single block*): nommer l'image dans une seule langue par test
- Version mixte (*mixed block*): nommer l'image dans la langue A ou la langue B selon l'item (*cue*) associé à la langue ciblée (e.g. drapeau de l'Espagne pour la langue espagnole)
- Test répété (*repeat trials*): nommer l'image dans la langue utilisée durant le test précédent
- Test changé (*switch trials*): nommer l'image dans la langue qui n'a pas été utilisée durant le test précédent
-

Tâche non-linguistique :

- Même type de variation que pour la tâche linguistique mais ici deux formes sont présentées et l'on doit choisir laquelle correspond à la consigne («couleur» ou «forme» selon le cas)

Dans les tâches de changement de langues, on dénote effectivement un temps de réponse plus lent, plus d'erreurs et un coût d'alternance (*switching cost, sc*) en terme de magnitude d'erreurs chez les individus atteints de PD. Le coût de changement (*mixing cost, mc*), lui, ne diffère pas. Selon (Braver et al., 2003; Kray and Lindenberger, 2000; Los, 1996; Rubin and Meiran, 2005), les liens suivants peuvent être établis :

- Coût d'alternance (*sc*) reflète les mécanismes rapides (*transient*) nécessaires pour résoudre des conflits et l'interférence entre les tâches, sélectionner les situations de problèmes (*task-set*) pertinentes
- Coût de changement (*mc*) reflète les mécanismes plus généraux et soutenus d'évaluation du conflit et de la réponse (*monitoring*), ainsi que la demande cognitive quant à garder deux situations de problèmes (*task-set*) disponibles

Les résultats de Cattaneo et al. (2016) suggèrent qu'une atteinte au réseau des ganglions basaux affecte l'habileté à sélectionner la langue ciblée en évitant les interférences interlangagières lorsque la compétition est grande (i.e. condition de langue mixte).

D'autre part, ils décèlent que les individus atteints au niveau du contrôle exécutif sont ceux qui démontrent un plus grand (*mc*) dans les tâches langagières et non-langagières ainsi qu'au plan du (*sc*) seulement dans les tâches langagières; les intrusions interlangagières étaient aussi plus présentes lorsqu'il y avait un déficit du control exécutif. Bien qu'une diminution des habiletés non-linguistiques semble engendrer une baisse au niveau du LC chez les patients PD, une corrélation du SC ne ressort pas de cette étude.

Bien que la relation entre LC et EC ne soit pas parfaitement comprise, des processus similaires sont en jeu dans ces deux fonctions. Ils citent Rubin et Meiran (2005) en amenant l'idée que le MC représente l'expression des mécanismes de gestion des situations de problème en compétition; ceci reflète une implication des mécanismes de contrôle de haut en bas (*top-down*) qui évaluent la compétition de bas en haut (*bottom-up*) continue entre les tâches.

Par contre, Zahodne et Manly (2015) répondent aussi à Valian (2015) en affirmant qu'au niveau du développement de démence avec l'âge, la recherche n'obtient que des résultats contradictoires. Le point soulevé est que la grande variation de la nature de l'entraînement cognitif chez les bilingues ne permet pas de cibler précisément, au travers de toute une vie, ce qui se rapporte au bilinguisme uniquement. La question constante de la précision de l'expérience cognitive du locuteur doit aussi être approfondie chez les sujets âgés qui présentent souvent un écart plus facilement observable que les sujets plus jeunes. Anderson et al. (2018) ont ainsi adapté la tâche de Simon afin de tester les bilingues et unilingues au niveau non-verbal et verbal.³¹ Ils ont tenté de couvrir le plus précisément les situations se différenciant sur le plan cognitif :

³¹ Voir annexe 9

- Version pure (simple) (*single block*): classer le stimulus dans une seule langue par test
- Version mixte (*mixed block*): classer le stimulus dans la langue A ou la langue B selon le stimulus initial (*cue*) associé à la langue ciblée (e.g. drapeau de l'Espagne pour la langue espagnol)
- Séquence Test inchangé (répété) (*repeat trials*): classer le stimulus dans la langue utilisée durant le test précédent
- Séquence Test changé (*switch trials*): classer le stimulus dans la langue qui n'a pas été utilisée durant le test précédent

Ces tâches ont ainsi permis d'isoler les indices comportementaux de performance suivant :

- Coût d'alternance (sc): reflète un temps de réponse plus long pour un test changé qu'inchangé dans une version mixte. (*subtracting latencies on nonswitch trials from switch trials*)
- Coût de changement (mc): reflète un temps de réponse plus long lors d'une tâche inchangée dans une version mixte en comparaison avec la même tâche dans une version pure.

Dans ce type de tâche, la version inchangée (*non-switch*, NS) est exécutée plus rapidement et avec plus de précision que la version changée (*switch trial*, ST). En utilisant l'imagerie cérébrale, ils ont pu déterminer que les unilingues recrutaient le réseau cortical positif (gyrus lingual, régions occipitales, gyri cingulaire antérieur, frontal inférieur gauche et frontal médial droit) pour résoudre les tâches non verbales mixtes et verbales changées (ST); ces-derniers utilisent le réseau négatif des régions subcorticales (régions subcorticales incluant les noyaux caudés, le thalamus droit, hippocampe bilatéral et le putamen droit) pour les tâches non-verbales (ST). Quant à eux, les bilingues recrutaient le réseau cortical positif pour les tâches inchangées (NS) pures et les tâches mixtes changées (ST) (MT); effet qui était plus fort pour les tâches non verbales. Ils s'appuyaient aussi sur le réseau négatif subcortical pour les tâches changées mixtes (ST) (MT).

À noter que l'analyse des 3 variables latentes a ainsi permis d'évaluer d'une manière statistiquement différente de celle de Paap (2019) pour trouver un effet commun du bilinguisme dans les tâches verbales et non-verbales.

Grundy, Chung-Fat-Yim, Friesen, Mak et Bialystok (2017) reprennent l'argument de Paap en s'appuyant sur l'effet de congruence séquentielle (SCE) pour expliquer qu'il faudrait investiguer non seulement la congruence entre le stimulus présenté et le précédent mais aussi celui l'antérieur. Ils ont eu recours à la tâche de flanker non-verbale et à cette adaptation verbale :

Tâche verbale de Flanker (*Flanker task*) :

- Condition neutre : le stimulus au centre de l'écran représente un mot de direction (e.g. 'gauche')
- Condition congrue : le stimulus au centre de l'écran représente un mot de direction flanquée du même mot de direction de chaque côté (e.g. 'gauche gauche gauche')
- Condition incongrue : le stimulus au centre de l'écran représente un mot de direction flanquée de mots de directions opposées de chaque côté (e.g. 'droite gauche droite')

Ils ont ainsi trouvé que les bilingues avaient plus de facilité que les unilingues à désengager leur attention des informations précédentes ce qui s'observe par l'influence moindre qu'a la congruence des tests précédents sur leur performance. (Bialystok & Grundy, 2018 présentent une conclusion similaire)

Cette conclusion est toutefois contredite par Goldsmith et Morton (2018) qui observe le SCE comme étant un simple phénomène d'apprentissage et de mémorisation. Un SCE plus petit chez les bilingues dénoterait alors une lacune au niveau de l'apprentissage et de la mémoire par rapport aux unilingues³².

Grundy, Anderson, et Bialystok (2017) accordent la complexité de l'activité neuronale dans une région spécifique du cerveau (i.e. occipitale) chez les bilingues à un automatisme favorable développé grâce à une expérience accrue (i.e. activité bilingue) pouvant prévenir un déclin cognitif précoce; les unilingues démontraient, dans le même type de tâche, une activité dans deux aires distinctes (i.e. occipitale et frontale). De plus, Anderson et al. (2018) ont trouvé plus de matière blanche dans le fasciculus longitudinal supérieur gauche chez les bilingues que chez les unilingues.

³² «Grundy et al. 's claim that SCEs are the product of failed attentional disengagement – rather than successful learning and memory » Goldsmith et Morton, 2018.

2.4. Alzheimer et démence

Le lien entre la réserve cognitive et la démence a été reconnu assez tôt dans la recherche :

« *Cognitive reserve classically describes the disconnect between brain status and behavioral performance in dementia i.e. individuals with a high degree of cognitive reserve can endure greater loss of brain tissue before showing clinical symptoms when compared to individuals with less cognitive reserve* » (Stern et al., 1994)

Bialystok, Craik et Freedman (2007) ont rapporté un des résultats les plus importants en ce qui a trait à l'avantage du bilinguisme, soit que les bilingues sont diagnostiqués de la maladie d'Alzheimer en moyenne 4 ans plus tard que leurs homologues unilingues. Cet effet a été corroboré dans plusieurs autres études au niveau de la démence et chez les individus au niveau d'éducation plus faible (allant jusqu'à l'analphabétisme) on retarderait le développement des symptômes jusqu'à 6 ans (Gollan, Sandoval, & Salmon, 2011). Cet effet n'est toutefois pas toujours corroboré et un instrument de mesure du niveau de démence plus sensible peut mieux révéler l'effet qu'un autre plus strict.³³

Bak et Robertson (2017) indiquent que le niveau de t-tau dans le liquide cébrospinal des bilingues précoces est plus bas que celui des unilingues. L'augmentation de cette protéine favorisant la régulation des microtubules dans les neurones, est associée au développement de maladie dégénérative.

3. Conclusion

Bien que plusieurs méta-analyses soulèvent des éléments portant à débat dans la recherche sur le bilinguisme, la plasticité cérébrale liée au bilinguisme, surtout simultané, entraîne des répercussions cognitives positives dans l'ensemble et ce dans un consensus relatif (Antoniou,

³³ Gollan et al. (2011) rapporte que les résultats du DRS (*Dementia Rating Scale*; Mattis, 1988) étaient corrélé à l'âge du diagnostic et le niveau de bilinguisme chez les moins éduqués alors que ceux du MMSE (*Mini-Mental Status Exam*; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) ne l'étaient pas.

2019). L'utilisation de circuits neuronaux similaires entre les fonctions exécutives et l'activation d'une langue seconde permet de perfectionner la gestion des ressources cognitives de façon à ce que le fonctionnement des EF demeure constant même après une certaine détérioration des structures cérébrales (Bialystok et al., 2007).

DISCUSSION GÉNÉRALE

L'ensemble de cette revue de la littérature sur le bilinguisme et la cognition avait pour but de tracer un portrait global de la recherche qui avait été réalisée jusqu'à ce jour tout en donnant un aperçu de la direction qu'elle devrait prendre dans le futur. Nous avons ainsi exploré les principaux concepts en jeu dans ce phénomène. D'un premier abord, les habiletés métacognitives, explorées largement sous plusieurs perspectives, se sont révélées être moins précises au niveau de l'envergure de l'avantage que peuvent présenter les bilingues. Son affinement en termes de processus cognitifs a entraîné les chercheurs vers l'adoption des fonctions exécutives et ce surtout au niveau des processus attentionnels. En marge, la théorie de l'esprit a aussi suscité l'intérêt majoritairement pour ce qui est de son développement précoce chez les jeunes bilingues. Il s'agit toutefois d'un aspect restreint au jeune âge, bien que son acquisition pouvant se faire un an plus tôt chez les enfants bilingues que chez les unilingues est peu contesté (Goetz, 2003). Toutefois, la théorie de l'esprit reposant sur des processus similaires aux fonctions exécutives nous amène à la délaissier pour peaufiner ce dernier concept quant à l'étude rigoureuse de l'avantage du bilinguisme.

Depuis Miyake et al. (2000), la question de savoir si la définition d'un élément commun entre monitoring (*monitoring*) et mise à jour (*updating*) existe sous le concept de l'inhibition a mené à cibler le processus attentionnel comme étant l'acteur principal derrière les fonctions touchées. Ambrosini, Arbula, Rossato, Pacella et Vallesi (2019) ont d'ailleurs réanalysé les études modernes à la lumière des connaissances acquises sur le sujet. Ils concluent en postulant que deux variables fondamentales permettent d'englober les fonctions exécutives : la sélection de critère (regroupant le changement de tâche (*task-switching* pour SC) et la résistance aux interférences) ainsi que le monitoring (changement de tâche (*task-switching* pour MC) et les tâches de monitoring). Cette vision s'aligne avec un modèle basé sur le procédé plutôt que sur le domaine pour concevoir le fonctionnement des cognitions :

« This finding thus indicates that the two EFs under examination in the present study are organized as a function of lateralized but domain-general cognitive control processes, rather than as a function of a hemispheric specialization of domain-specific processes. »
(Ambrosini et al., 2019)

Bien qu'il soit important de cibler quelles sont les fonctions exécutives impliquées dans le bilinguisme, plusieurs chercheurs (Ardilla, 2008; Diamond, 2013; Assenza, 2016) mettent en valeur l'aspect émotionnel lié à leur bon fonctionnement. Un modèle comme celui de Sharwood-Smith (2017) permet alors de concevoir comment la charge émotive qui peut être accordée à une langue a le potentiel de fluctuer son utilisation chez le locuteur ainsi que les procédés cognitifs qui y sont liés.

Du côté du bilinguisme, certains facteurs déterminants se retrouvent au centre de ce concept et doivent être identifiés justement pour que son étude fournisse des résultats précis et fiables. Tout d'abord, l'âge d'acquisition permet de distinguer les bilingues séquentiels des bilingues simultanés en appointant le seuil à 6 ans dans la majorité des cas (Yang, Hartanto, & Yang, 2016) sans qu'il y ait d'âge exact où ce changement opère pour tous. Plusieurs études exposent l'importance de cette variable par rapport à d'autres, comme le niveau de maîtrise de la L2, qui ne permettent pas d'observer des changements significatifs (Luo et al., 2019).

D'autre part, l'expérience langagière dans laquelle se retrouve l'individu bilingue peut favoriser le changement de langue fréquent ou pas ce qui s'apparente à un contexte à deux langues (DLC) entraînant des alternances fréquentes par opposition à une situation où une seule langue à la fois est employée (SLC). Les bilingues vivant le plus souvent des DLC démontreraient une plus grande facilité à effectuer un changement de code en faisant appel à des processus cognitifs davantage automatisés (Yang, Hartanto, Yang; 2016).

Quant à l'affinement des processus cognitifs au sein des fonctions exécutives liées à l'avantage du bilinguisme, nous avons souligné l'alternance des tâches demandant l'activation principalement du dACC et STG. Les bilingues tendent à avoir un léger avantage en fonction de la dominance d'une langue par rapport à l'autre s'observant par un coût de changement (*switch cost*) plus bas chez les bilingues simultanés (Zahodne & Manly, 2015).

Non seulement un impact comportemental est observé au niveau de cognitions, mais plusieurs chercheurs rapportent des volumes plus élevés de matière grise dans les aires cognitives liées à ces cognitions. Ces changements neurologiques impliquent indéniablement qu'il y a un effet du bilinguisme. On parle ainsi de réserve neuronale et cognitive permettant de réduire l'impact des maladies dégénératives au niveau de leurs symptômes malgré une atteinte au niveau

des structures cérébrales (Antoniou, 2019).

RÉFÉRENCES

- Abutalebi, J., Brambati, S. M., Annoni, J. M., Moro, A., Cappa, S. F., & Perani, D. (2007). The neural cost of the auditory perception of language switches: an event-related functional magnetic resonance imaging study in bilinguals. *Journal of Neuroscience*, *27*, 13762–13769.
- Abutalebi, J., & Green, D. (2007). Bilingual language production: The neurocognition of language representation and control. *Journal of Neurolinguistics*, *20*, 242–275.
- Abutalebi, J., Della Rosa, P. A., Ding, G., Weekes, B., Costa, A., & Green, D. W. (2013a). Language proficiency modulates the engagement of cognitive control areas in multilinguals. *Cortex*, *49*, 905–911.
- Abutalebi, J., Rosa, P. A. D., Castro Gonzaga, A. K., Keim, R., Costa, A., & Perani, D. (2013b). The role of the left putamen in multilingual language production. *Brain and Language*, *125*, 307–315.
- Abutalebi, J., Guidi, L., Borsa, V., Canini, M., Della Rosa, P. A., Parris, B. A., & Weekes, B. S. (2015a). Bilingualism provides a neural reserve for aging populations. *Neuropsychologia*, *69*, 201–210.
- Abutalebi, J., Canini, M., Della Rosa, P. A., Green, D. W., & Weekes, B. S. (2015b). The neuroprotective effects of bilingualism upon the inferior parietal lobule: A structural neuroimaging study in aging Chinese bilinguals. *Journal of Neurolinguistics*, *33*, 3–13.
- Abutalebi, J. (2008). Neural aspects of second language representation and language control. *Acta Psychologica*, *128*(3), 466–478. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.03.014>
- Abutalebi, J., & Clahsen, H. (2015). Bilingualism, cognition, and aging. *Bilingualism*, *18*(1), 1–2. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000741>
- Abutalebi, J., Della Rosa, P. A., Green, D. W., Hernandez, M., Scifo, P., Keim, R., ... Costa, A. (2012). Bilingualism tunes the anterior cingulate cortex for conflict monitoring. *Cerebral Cortex*, *22*(9), 2076–2086. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr287>
- Abutalebi, J., & Green, D. W. (2008). Control mechanisms in bilingual language production: Neural evidence from language switching studies. *Language and Cognitive Processes*, *23*(4), 557–582. <https://doi.org/10.1080/01690960801920602>
- Abutalebi, J., & Green, D. W. (2016). Neuroimaging of language control in bilinguals: Neural adaptation and reserve. *Bilingualism*, *19*(4), 689–698. <https://doi.org/10.1017/S1366728916000225>
- Ambrosini, E., Arbula, S., Rossato, C., Pacella, V., & Vallesi, A. (2019). Neuro-cognitive architecture of executive functions: A latent variable analysis. *Cortex*, *119*, 441–456. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.07.013>
- Anderson, J. A. E., Grundy, J. G., De Frutos, J., Barker, R. M., Grady, C., & Bialystok, E.

- (2018). Effects of bilingualism on white matter integrity in older adults. *NeuroImage*, 167(June 2017), 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.038>
- Antón, E., Fernández García, Y., Carreiras, M., & Duñabeitia, J. A. (2016). Does bilingualism shape inhibitory control in the elderly? *Journal of Memory and Language*, 90, 147–160. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2016.04.007>
- Antoniou, M. (2019). The Advantages of Bilingualism Debate. *Annual Review of Linguistics*, 5(1), 395–415. <https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-011718-011820>
- Appleton, M., & Reddy, V. (1996). Teaching three year-olds to pass false belief tests: A conversational approach. *Social Development*, Vol. 5, pp. 275–291. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9507.1996.tb00086.x>
- Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition*, 68(1), 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.03.003>
- Aron, A. R., Behrens, T. E., Smith, S., Frank, M. J., & Poldrack, R. A. (2007). Triangulating a cognitive control network using diffusion-weighted Magnetic Resonance Imaging (MRI) and functional MRI. *Journal of Neuroscience*, 27(14), 3743–3752. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0519-07.2007>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.02.010>
- Arredondo, M. M., Hu, X. S., Satterfield, T., Tsutsumi Riobóo, A., Gelman, S. A., & Kovelman, I. (2019). Bilingual effects on lexical selection: A neurodevelopmental perspective. *Brain and Language*, 195(June), 104640. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104640>
- Assenza, E. (2016). *The Asymmetric Multi-language Model: A Cognitive-Pragmatic Pattern to Explain Code-Switching by Unbalanced Multilinguals*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43491-9_43
- Astington, J. W. (2001). The future of theory-of-mind research: Understanding motivational states, the role of language, and real-world consequences. *Child Development*, 72(3), 685–687. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00305>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 4, pp. 417–423.
- Badre, D., & Wagner, A. D. (2007). Left ventrolateral prefrontal cortex and the cognitive control of memory. *Neuropsychologia*, 45(13), 2883–2901. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.06.015>
- Bahlmann, J., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2006). Hierarchical and linear sequence processing: An electrophysiological exploration of two different grammar types. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(11), 1829–1842. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.11.1829>

- Bak, T. H., & Robertson, I. (2017). Biology enters the scene—a new perspective on bilingualism, cognition, and dementia. *Neurobiology of Aging*, *50*, iii–iv. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2016.10.020>
- Barac, R., & Bialystok, E. (2012). Bilingual Effects on Cognitive and Linguistic Development: Role of Language, Cultural Background, and Education. *Child Development*, *83*(2), 413–422. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01707.x>
- Barker, R. M., & Bialystok, E. (2019). Processing differences between monolingual and bilingual young adults on an emotion n-back task. *Brain and Cognition*, *134*(January), 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.004>
- Berguno, G., & Bowler, D. M. (2004). Communicative Interactions, Knowledge of a Second Language, and Theory of Mind in Young Children. *The Journal of Genetic Psychology*, *165*(3), 293–309. <https://doi.org/10.3200/GNTP.165.3.293-309>
- Berken, J. A., Gracco, V. L., & Klein, D. (2016). Early bilingualism, language attainment, and brain development. *Neuropsychologia*. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.08.031>
- Bialystok, E. (1988). Levels of bilingualism and levels of linguistic awareness. *Developmental Psychology*, *24*(4), 560–567. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.24.4.560>
- Bialystok, E. (1999). Cognitive complexity and attentional control in the bilingual mind. *Child Development*, *70*(3), 636–644. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00046>
- Bialystok, E. (2001). Bilingualism in development: language, literacy, and cognition. *Books.Google.Com*, 288. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511605963>
- Bialystok, E. (2011). Coordination of executive functions in monolingual and bilingual children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *110*(3), 461–468. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.05.005>
- Bialystok, E., & Barac, R. (2012). Emerging bilingualism: Dissociating advantages for metalinguistic awareness and executive control. *Cognition*, *122*(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.08.003>
- Bialystok, E., & Craik, F. I. M. (2010). Cognitive and Linguistic Processing in the Bilingual Mind. *Current Directions in Psychological Science*, *19*(1), 19–23. <https://doi.org/10.1177/0963721409358571>
- Bialystok, E., Craik, F. I. M., & Freedman, M. (2007). Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia. *Neuropsychologia*, *45*(2), 459–464. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.10.009>
- Bialystok, E., Dulay, H., Burt, M., & Krashen, S. (1983). Language Two. *The Modern Language Journal*, Vol. 67, p. 273. <https://doi.org/10.2307/327086>

- Bialystok, E., & Grundy, J. G. (2018). Science does not disengage. *Cognition*, *170*(October 2017), 330–333. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.10.019>
- Bialystok, E., Klein, R., Craik, F. I. M., & Viswanathan, M. (2004). Bilingualism, aging, and cognitive control: Evidence from the Simon task. *Psychology and Aging*, *19*(2), 290–303. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.19.2.290>
- Bialystok, E., Kroll, J. F., Green, D. W., MacWhinney, B., & Craik, F. I. M. (2015). Publication Bias and the Validity of Evidence: What's the Connection? *Psychological Science*, *26*(6), 944–946. <https://doi.org/10.1177/0956797615573759>
- Bialystok, E., & Martin, M. M. (2004). Attention and inhibition in bilingual children: Evidence from the dimensional change card sort task. *Developmental Science*, *7*(3), 325–339. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2004.00351.x>
- Bialystok, E., & Viswanathan, M. (2009). Components of executive control with advantages for bilingual children in two cultures. *Cognition*, *112*(3), 494–500. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.06.014>
- Bijeljac-Babic, R. (2000). Chapitre 6. Acquisition de la phonologie et bilinguisme précoce. In *L'acquisition du langage. Vol. I* (p. 169). <https://doi.org/10.3917/puf.fayol.2000.01.0169>
- Blanco-Elorrieta, E., Emmorey, K., & Pylkkänen, L. (2018). Language switching decomposed through MEG and evidence from bimodal bilinguals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *115*(39), 9708–9713. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809779115>
- Blanco-Elorrieta, E., & Pylkkänen, L. (2018). Ecological Validity in Bilingualism Research and the Bilingual Advantage. *Trends in Cognitive Sciences*, *22*(12), 1117–1126. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.10.001>
- Bley-Vroman, R. (2009). The evolving context of the fundamental difference hypothesis. *Studies in Second Language Acquisition*, *31*(2), 175–198. <https://doi.org/10.1017/S0272263109090275>
- Bobb, S. C., & Wodniecka, Z. (2013). Language switching in picture naming: What asymmetric switch costs (do not) tell us about inhibition in bilingual speech planning. *Journal of Cognitive Psychology*, *25*(5), 568–585. <https://doi.org/10.1080/20445911.2013.792822>
- Botvinick, M. M. (2008). Hierarchical models of behavior and prefrontal function. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(5), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.02.009>
- Bourguignon, N. J. (2014). A rostro-caudal axis for language in the frontal lobe: The role of executive control in speech production. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *47*, 431–444. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.09.008>
- Bourguignon, N. J., & Gracco, V. L. (2019). A dual architecture for the cognitive control of language: Evidence from functional imaging and language production. *NeuroImage*,

- 192(October 2018), 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.02.043>
- Branzi, F. M., Della Rosa, P. A., Canini, M., Costa, A., & Abutalebi, J. (2016). Language control in bilinguals: Monitoring and response selection. *Cerebral Cortex*, 26(6), 2367–2380. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv052>
- Broca, P. P. (1861). Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bulletins de La Société Anatomique de Paris*, 36(1826), 330–357.
- Burns, T. C., Yoshida, K. A., Hill, K., & Werker, J. F. (2007). The development of phonetic representation in bilingual and monolingual infants. *Applied Psycholinguistics*, 28(3), 455–474. <https://doi.org/10.1017/S0142716407070257>
- Byers-Heinlein, K., Chen, K. H., & Xu, F. (2014). Surmounting the Tower of Babel: Monolingual and bilingual 2-year-olds' understanding of the nature of foreign language words. *Journal of Experimental Child Psychology*, 119, 87–100. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.09.011>
- Bylund, E., Abrahamsson, N., Hyltenstam, K., & Norrman, G. (2019). Revisiting the bilingual lexical deficit: The impact of age of acquisition. *Cognition*, 182(August 2018), 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.08.020>
- Calabria, M., Branzi, F. M., Marne, P., Hernández, M., & Costa, A. (2015). Age-related effects over bilingual language control and executive control. *Bilingualism*, 18(1), 65–78. <https://doi.org/10.1017/S1366728913000138>
- Carlson, S. M., Mandell, D. J., & Williams, L. (2004). Executive Function and Theory of Mind: Stability and Prediction From Ages 2 to 3. *Developmental Psychology*, 40(6), 1105–1122. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.6.1105>
- Cattaneo, G., Calabria, M., Marne, P., Gironell, A., Abutalebi, J., & Costa, A. (2015). The role of executive control in bilingual language production: A study with Parkinson's disease individuals. *Neuropsychologia*, 66, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.006>
- Cheung, H., Mak, W. Y., Luo, X., & Xiao, W. (2010). Sociolinguistic awareness and false belief in young Cantonese learners of English. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107(2), 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.05.001>
- Chomsky, N. (1982). *Some concepts and consequences of the theory of government and binding*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Costa, A., Hernández, M., & Calabria, M. (2015). On invisibility and experimental evidence. *Bilingualism*, 18(1), 25–26. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000492>
- 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(2), 135–

149. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.08.001>

- Cromdal, J. (1999). Childhood bilingualism and metalinguistic skills: Analysis and control in young Swedish–English bilinguals. *Applied Psycholinguistics*, 20(1), 1–20. <https://doi.org/10.1017/S0142716499001010>
- Cummins, J., & Gulutsan, M. (1974). Bilingual education and cognition. *The Alberta Journal of Educational Research*, 20(3), 259–269.
- Cutting, A. L., & Dunn, J. (1999). *Theory of Mind , Emotion Understanding , Language , and Family Background : Individual Differences and Interrelations*. 70(4), 853–865. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00061>
- de Bruin, A., Bak, T. H., & Della Sala, S. (2015). Examining the effects of active versus inactive bilingualism on executive control in a carefully matched non-immigrant sample. *Journal of Memory and Language*, 85, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.07.001>
- de Bruin, A., Samuel, A. G., & Duñabeitia, J. A. (2018). Voluntary language switching: When and why do bilinguals switch between their languages? *Journal of Memory and Language*, 103(July), 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2018.07.005>
- de Bruin, A., Treccani, B., & Della Sala, S. (2015). Cognitive Advantage in Bilingualism: An Example of Publication Bias? *Psychological Science*, 26(1), 99–107. <https://doi.org/10.1177/0956797614557866>
- Del Maschio, N., Sulpizio, S., Gallo, F., Fedeli, D., Weekes, B. S., & Abutalebi, J. (2018). Neuroplasticity across the lifespan and aging effects in bilinguals and monolinguals. *Brain and Cognition*, 125(May), 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.06.007>
- Della Rosa, P. A., Videsott, G., Borsa, V. M., Canini, M., Weekes, B. S., Franceschini, R., & Abutalebi, J. (2013). A neural interactive location for multilingual talent. *Cortex*, 49(2), 605–608. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.12.001>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diaz, R. M. (1983). Thought and Two Languages: The Impact of Bilingualism on Cognitive Development. *Review of Research in Education*, 10, 23–54. <https://doi.org/10.2307/1167134>
- Doherty, M., & Perner, J. (1998). Metalinguistic awareness and theory of mind: Just two words for the same thing? *Cognitive Development*, 13(3), 279–305. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(98\)90012-0](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(98)90012-0)
- Donoso, M., Collins, A. G. E., & Koechlin, E. (2014). Foundations of human reasoning in the prefrontal cortex. *Science*, 344(6191), 1481–1486. <https://doi.org/10.1126/science.1252254>
- Döpke, S. (1992). A bilingual child’s struggle to comply with the ‘one parent-one language’ rule.

- Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 13(6), 467–485.
<https://doi.org/10.1080/01434632.1992.9994510>
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech Perception in Infants. *Science*, 171(3968), 303–306. <https://doi.org/10.1126/science.171.3968.303>
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149.
<https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Farhadian, M., Abdullah, R., Mansor, M., & Redzuan, M. (2010). Theory of Mind in Bilingual and Monolingual Preschool Children. *J Psychology*, 1(1), 39–46.
- Fedorenko, E., Duncan, J., & Kanwisher, N. (2012). Language-selective and domain-general regions lie side by side within Broca’s area. *Current Biology*, 22(21), 2059–2062.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.09.011>
- Fizke, E., Butterfill, S., van de Loo, L., Reindl, E., & Rakoczy, H. (2017). Are there signature limits in early theory of mind? *Journal of Experimental Child Psychology*, 162, 209–224.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.05.005>
- Flege, J. E. (1992). Speech learning in a second language. In C. Ferguson, L. Menn, & C. Stoel-Gammon (Eds.), *Phonological development: Models, Reserch, Implications* (pp. 565–604). Timonium, MD: York Press.
- Folke, T., Ouzia, J., Bright, P., De Martino, B., & Filippi, R. (2016). A bilingual disadvantage in metacognitive processing. *Cognition*, 150, 119–132.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.02.008>
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state.” *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)
- Friederici, A. D. (2015). White-matter pathways for speech and language processing. In *Handbook of Clinical Neurology* (1st ed., Vol. 129). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00010-X>
- Goetz, P. J. (2003). The effects of bilingualism on theory of mind development. *Bilingualism: Language and Cognition*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.1017/S1366728903001007>
- Goldsmith, S. F., & Morton, J. B. (2018). Time to disengage from the bilingual advantage hypothesis. *Cognition*, 170(September), 328–329.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.09.011>
- Gollan, T. H., Sandoval, T., & Salmon, D. P. (2011). Cross-language intrusion errors in aging bilinguals reveal the link between executive control and language selection. *Psychological Science*, 22(9), 1155–1164. <https://doi.org/10.1177/0956797611417002>
- Gopnik, A., Choi, S., & Baumberger, T. (1996). Cross-linguistic differences in early semantic

- and cognitive development. *Cognitive Development*, 11(2), 197–225.
[https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(96\)90003-9](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(96)90003-9)
- Goral, M., Campanelli, L., & Spiro, A. (2015). Language dominance and inhibition abilities in bilingual older adults. *Bilingualism*, 18(1), 79–89.
<https://doi.org/10.1017/S1366728913000126>
- Goral, M., Clark-Cotton, M., Spiro, A., Obler, L. K., Verkuilen, J., & Albert, M. L. (2011). The Contribution of Set Switching and Working Memory to Sentence Processing in Older Adults. *Experimental Aging Research*, 37(5), 516–538.
<https://doi.org/10.1080/0361073X.2011.619858>
- Green, D. W. (1998). Mental control of the bilingual lexico-semantic system. *Bilingualism: Language and Cognition*, 1(2), 67–81. <https://doi.org/10.1017/S1366728998000133>
- Green, D. W. (2011). Language control in different contexts: The behavioral ecology of bilingual speakers. *Frontiers in Psychology*, 2(MAY), 2009–2012.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00103>
- Green, D. W., & Abutalebi, J. (2013). Language control in bilinguals: The adaptive control hypothesis. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(5), 515–530.
<https://doi.org/10.1080/20445911.2013.796377>
- Grosjean, F. (2001). The Bilingual's Language Modes. *One Mind, Two Languages: Bilingual Language Processing.*, 1–22.
- Grundy, J. G., Anderson, J. A. E., & Bialystok, E. (2017). Bilinguals have more complex EEG brain signals in occipital regions than monolinguals. *NeuroImage*, 159(August), 280–288.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.07.063>
- Grundy, J. G., Chung-Fat-Yim, A., Friesen, D. C., Mak, L., & Bialystok, E. (2017). Sequential congruency effects reveal differences in disengagement of attention for monolingual and bilingual young adults. *Cognition*, 163, 42–55.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.02.010>
- Gullifer, J. W., Chai, X. J., Whitford, V., Pivneva, I., Baum, S., Klein, D., & Titone, D. (2018). Bilingual experience and resting-state brain connectivity: Impacts of L2 age of acquisition and social diversity of language use on control networks. *Neuropsychologia*, 117(April), 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.037>
- Harris, P. L. (2005). Conversation, Pretense, and Theory of Mind. In *Why Language Matters for Theory of Mind* (Vol. 15, pp. 70–83).
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195159912.003.0004>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.01.016>

- Hartsuiker, R. J. (2015). Why it is pointless to ask under which specific circumstances the bilingual advantage occurs. *Cortex*, 73(1998), 336–337. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.018>
- Hayakawa, S., Costa, A., Foucart, A., & Keysar, B. (2016). Using a Foreign Language Changes Our Choices. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(11), 791–793. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.08.004>
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 131–138. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01463-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01463-7)
- 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(4), 625–658. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0116-7>
- Hilchey, M. O., Saint-Aubin, Jean, & Klein, R. M. (2015). Does bilingual exercise enhance cognitive fitness in traditional non-linguistic executive processing tasks? *The Cambridge Handbook of Bilingual Processing*, 586–613. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107447257.026>
- Hogrefe, G., Wimmer, H., & Perner, J. (1986). Ignorance versus False Belief : A Developmental Lag in Attribution of Epistemic States Author (s): G . -Juergen Hogrefe , Heinz Wimmer and Josef Perner Ignorance versus False Belief : A Developmental Lag in Attribution of Epistemic States. *Child Development*, 57(3), 567–582.
- Indefrey, P., & Levelt, W. J. . (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 92(1–2), 101–144. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2002.06.001>
- Kaushanskaya, M., & Prior, A. (2015). Variability in the effects of bilingualism on cognition: It is not just about cognition, it is also about bilingualism. *Bilingualism*, 18(1), 27–28. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000510>
- Kempe, V., Kirk, N. W., & Brooks, P. J. (2015). Revisiting theoretical and causal explanations for the bilingual advantage in executive functioning. *Cortex*, 73, 342–344. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.021>
- Kempler, D., Almor, A., Tyler, L. K., Andersen, E. S., & MacDonald, M. C. (1998). Sentence comprehension deficits in Alzheimer’s disease: A comparison of off-line vs. on-line sentence processing. *Brain and Language*, 64(3), 297–316. <https://doi.org/10.1006/brln.1998.1980>
- Kirk, N. W., Kempe, V., Scott-Brown, K. C., Philipp, A., & Declerck, M. (2018). Can monolinguals be like bilinguals? Evidence from dialect switching. *Cognition*, 170(October 2017), 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.10.001>
- Kleinman, D., & Gollan, T. H. (2018). Inhibition accumulates over time at multiple processing

- levels in bilingual language control. *Cognition*, 173(December 2017), 115–132.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.01.009>
- Koechlin, E., & Jubault, T. (2006). Broca's Area and the Hierarchical Organization of Human Behavior. *Neuron*, 50(6), 963–974. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.05.017>
- Kousaie, S., Chai, X. J., Sander, K. M., & Klein, D. (2017). Simultaneous learning of two languages from birth positively impacts intrinsic functional connectivity and cognitive control. *Brain and Cognition*, 117(March), 49–56.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.06.003>
- Kousaie, S., & Phillips, N. A. (2017). A behavioural and electrophysiological investigation of the effect of bilingualism on aging and cognitive control. *Neuropsychologia*, 94(November 2016), 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.11.013>
- Kousaie, S., & Taler, V. (2015). The bilingual advantage: Elusive but worth the effort? *Cortex*, 73, 338–339. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.019>
- Kroll, J. F. (2015). On the consequences of bilingualism: We need language and the brain to understand cognition. *Bilingualism*, 18(1), 32–34.
<https://doi.org/10.1017/S1366728914000637>
- Kroll, J. F., van Hell, J. G., Tokowicz, N., & Green, D. W. (2010). The Revised Hierarchical Model: A critical review and assessment. *Bilingualism: Language and Cognition*, 13(3), 373–381. <https://doi.org/10.1017/S136672891000009X>
- Kupisch, T. (2012). Specific and generic subjects in the Italian of German Italian simultaneous bilinguals and L2 learners. *Bilingualism*, 15(4), 736–756.
<https://doi.org/10.1017/S1366728911000691>
- Kupisch, T., Akpınar, D., & Stöhr, A. (2013). Gender assignment and gender agreement in adult bilinguals and second language learners of French. *Linguistic Approaches to Bilingualism*, 3(2), 150–179. <https://doi.org/10.1075/lab.3.2.02kup>
- Lecce, S., Bianco, F., Devine, R. T., & Hughes, C. (2017). Relations between theory of mind and executive function in middle childhood: A short-term longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 163, 69–86. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.06.011>
- Lee Salvatierra, J., & Rosselli, M. (2011). The effect of bilingualism and age on inhibitory control. *International Journal of Bilingualism*, 15(1), 26–37.
<https://doi.org/10.1177/1367006910371021>
- Lewis, C. (1994). Episodes, events and narratives in the child's understanding of mind. In C. Lewis & P. Mitchell (Eds.), *Children's early understanding of mind: Origins and development* (pp. 457–480). Hove, England: Erlbaum.
- Lohmann, H., & Tomasello, M. (2003). The Role of Language in the Development of False Belief Understanding: A Training Study. *Child Development*, 74(4), 1130–1144.

<https://doi.org/10.1111/1467-8624.00597>

- Luk, GIGI. (2015). Who are the bilinguals (and monolinguals)? *Bilingualism: Language and Cognition*, 18(1), 35–36. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000625>
- Luk, Gigi, Green, D. W., Abutalebi, J., & Grady, C. (2012). Cognitive control for language switching in bilinguals: A quantitative meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Language and Cognitive Processes*, 27(10), 1479–1488. <https://doi.org/10.1080/01690965.2011.613209>
- Luo, D., Kwok, V. P. Y., Liu, Q., Li, W., Yang, Y., Zhou, K., ... Tan, L. H. (2019). Microstructural plasticity in the bilingual brain. *Brain and Language*, 196(June), 104654. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104654>
- Luo, L., Luk, G., & Bialystok, E. (2010). Effect of language proficiency and executive control on verbal fluency performance in bilinguals. *Cognition*, 114(1), 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.08.014>
- Macnamara, J., & Kushnir, S. L. (1971). Linguistic independence of bilinguals: The input switch. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10(5), 480–487. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(71\)80018-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(71)80018-X)
- MacWhinney, B. (1992). *Transfer and Competition in Second Language Learning*. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61506-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61506-X)
- Majerus, S., D'Argembeau, A., Martinez Perez, T., Belayachi, S., Van Der Linden, M., Collette, F., ... Maquet, P. (2010). The commonality of neural networks for verbal and visual short-term memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(11), 2570–2593. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21378>
- Marcovitch, S., O'Brien, M., Calkins, S. D., Leerkes, E. M., Weaver, J. M., & Levine, D. W. (2015). A longitudinal assessment of the relation between executive function and theory of mind at 3, 4, and 5 years. *Cognitive Development*, 33(2), 40–55. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2014.07.001>
- Marzecová, A. (2015). Bilingual advantages in executive control - A Loch Ness Monster case or an instance of neural plasticity? *Cortex*, 73, 364–366. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.005>
- Mattis, S. (1988). *Dementia Rating Scale: professional manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Mishra, R. K. (2015). Let's not forget about language proficiency and cultural variations while linking bilingualism to executive control. *Bilingualism*, 18(1), 39–40. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000455>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8–14.

<https://doi.org/10.1177/0963721411429458>

- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Mohades, S. G., Van Schuerbeek, P., Rosseel, Y., Van De Craen, P., Luypaert, R., & Baeken, C. (2015). White-matter development is different in bilingual and monolingual children: A longitudinal DTI study. *PLoS ONE*, *10*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117968>
- Morton, J. B. (2015). Still waiting for real answers. *Cortex*, *73*, 352–353. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.010>
- Nakamura, E., Ohta, K., Okita, Y., Ozaki, J., & Matsushima, E. (2006). Increased inhibition and decreased facilitation effect during a lexical decision task in children. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *60*(2), 232–239. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2006.01491.x>
- Newport, E. L. (1990). Maturation constraints on language learning. *Cognitive Science*, *14*(1), 11–28. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(90\)90024-Q](https://doi.org/10.1016/0364-0213(90)90024-Q)
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation* (pp. 1–18). https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0629-1_1
- O’Reilly, R. C., & Frank, M. J. (2006). Making working memory work: A computational model of learning in the prefrontal cortex and basal ganglia. *Neural Computation*, *18*(2), 283–328. <https://doi.org/10.1162/089976606775093909>
- Ong, G., McKague, M., Weekes, B., & Sewell, D. K. (2019). Diffusing the bilingual lexicon: Task-based and lexical components of language switch costs. *Cognitive Psychology*, *114*(June), 101225. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2019.101225>
- Ong, G., Sewell, D. K., Weekes, B., McKague, M., & Abutalebi, J. (2017). A diffusion model approach to analysing the bilingual advantage for the Flanker task: The role of attentional control processes. *Journal of Neurolinguistics*, *43*, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2016.08.002>
- Paap, K. R., Anders-Jefferson, R., Mikulinsky, R., Masuda, S., & Mason, L. (2019). On the encapsulation of bilingual language control. *Journal of Memory and Language*, *105*(December 2018), 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2018.12.001>
- Paap, K. R., & Greenberg, Z. I. (2013). There is no coherent evidence for a bilingual advantage in executive processing. *Cognitive Psychology*, *66*(2), 232–258. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.12.002>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.04.014>

- Paap, K. R., & Liu, Y. (2014). Conflict resolution in sentence processing is the same for bilinguals and monolinguals: The role of confirmation bias in testing for bilingual advantages. *Journal of Neurolinguistics*, 27(1), 50–74. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2013.09.002>
- Peal, E., & Lambert, W. E. (1962). The relation of bilingualism to intelligence. *Psychological Monographs: General and Applied*, 76(27), 1–23. <https://doi.org/10.1037/h0093840>
- Penfield, W., & Roberts, L. (1959). *Speech and brain mechanisms*. Princeton University Press.
- Perani, D., Abutalebi, J., Paulesu, E., Brambati, S., Scifo, P., Cappa, S. F., & Fazio, F. (2003). The role of age of acquisition and language usage in early, high-proficient bilinguals: An fMRI study during verbal fluency. *Human Brain Mapping*, 19(3), 170–182. <https://doi.org/10.1002/hbm.10110>
- Perner, J., & Lang, B. (1999). Development of theory of mind and executive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9), 337–344. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01362-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01362-5)
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., & Raichle, M. E. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331(6157), 585–589. <https://doi.org/10.1038/331585a0>
- Pivneva, I., Mercier, J., & Titone, D. (2014). Executive control modulates cross-language lexical activation during L2 reading: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 40(3), 787–796. <https://doi.org/10.1037/a0035583>
- Poarch, G. J., & Bialystok, E. (2015). Bilingualism as a model for multitasking. *Developmental Review*, 35, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2014.12.003>
- Poeppel, D. (2013). *The maps problem and the mapping problem: Two challenges*. 29, 34–55. <https://doi.org/10.1080/02643294.2012.710600>.The
- Pötzl, O. (1925). Über die parietal bedingte Aphasie und ihren Einfluß auf das Sprechen mehrerer Sprachen. *Zeitschrift Für Die Gesamte Neurologie Und Psychiatrie*, 96(1), 100–124. <https://doi.org/10.1007/BF02896516>
- Pozzan, L., & Trueswell, J. C. (2016). Second language processing and revision of garden-path sentences: A visual word study. *Bilingualism*, 19(3), 636–643. <https://doi.org/10.1017/S1366728915000838>
- Prior, A., Degani, T., Awawdy, S., Yassin, R., & Korem, N. (2017). Is susceptibility to cross-language interference domain specific? *Cognition*, 165, 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.04.006>
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, 85(2), 59–108.

<https://doi.org/10.1037/0033-295X.85.2.59>

- Rauschecker, J. P., & Scott, S. K. (2009). Maps and streams in the auditory cortex: nonhuman primates illuminate human speech processing. *Nature Neuroscience*, *12*(6), 718–724. <https://doi.org/10.1038/nn.2331>
- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E., & Nieuwenhuis, S. (2004). The Role of the Medial Frontal Cortex in Cognitive Control. *Science*, *306*(5695), 443–447. <https://doi.org/10.1126/science.1100301>
- Rodriguez-Fornells, A., Lugt, A. van der, Rotte, M., Britti, B., Heinze, H.-J., & Münte, T. F. (2005). Second Language Interferes with Word Production in Fluent Bilinguals: Brain Potential and Functional Imaging Evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(3), 422–433. <https://doi.org/10.1162/0898929053279559>
- Rubin, O., & Meiran, N. (2005). On the Origins of the Task Mixing Cost in the Cuing Task-Switching Paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*(6), 1477–1491. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.6.1477>
- Rüschemeyer, S.-A., Fiebach, C. J., Kempe, V., & Friederici, A. D. (2005). Processing lexical semantic and syntactic information in first and second language: fMRI evidence from German and Russian. *Human Brain Mapping*, *25*(2), 266–286. <https://doi.org/10.1002/hbm.20098>
- Saer, D. J. (1923). the Effect of Bilingualism on Intelligence. *British Journal of Psychology. General Section*, *14*(1), 25–38. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1923.tb00110.x>
- Salthouse, T. A., & Fristoe, N. M. (1995). Process analysis of adult age effects on a computer-administered trail making test. *Neuropsychology*, *9*(4), 518–528. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.9.4.518>
- Schneider, D., Slaughter, V. P., Becker, S. I., & Dux, P. E. (2014). Implicit false-belief processing in the human brain. *NeuroImage*, *101*, 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.07.014>
- Sharwood Smith, M. (2017). Active–Passive Bilingualism and the Functional Distance Between L1 and L2 as Viewed Within One Unifying Theoretical Framework. In *Psychology of Bilingualism* (pp. 157–185). https://doi.org/10.1007/978-3-319-64099-0_7
- Siegal, M., & Peterson, C. C. (1994). Children’s theory of mind and the conversational territory of cognitive development. In C. Lewis & P. Mitchell (Eds.), *Children’s early understanding of mind: Origins and development* (pp. 427–455). Hove, England: Erlbaum.
- Simon, J. R., & Wolf, J. D. (1963). Choice reaction time as a function of angular stimulus-response correspondence and age. *Ergonomics*, *6*(1), 99–105. <https://doi.org/10.1080/00140136308930679>
- Snyder, J. S., Soumier, A., Brewer, M., Pickel, J., & Cameron, H. A. (2011). Adult hippocampal

- neurogenesis buffers stress responses and depressive behaviour. *Nature*, 476(7361), 458–461. <https://doi.org/10.1038/nature10287>
- Spreen, O., & Strauss, E. (1991). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. New York: Oxford University Press.
- Stern, Y., Gurland, B., Tatemichi, T. K., Tang, M. X., Wilder, D., & Mayeux, R. (1994). Influence of Education and Occupation on the Incidence of Alzheimer's Disease. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 271(13), 1004–1010. <https://doi.org/10.1001/jama.1994.03510370056032>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Surian, L., & Leslie, A. M. (1999). Competence and performance in false belief understanding : A comparison of autistic and normal 3-year-old children . *British Journal of Developmental Psychology*, 17(1), 141–155. <https://doi.org/10.1348/026151099165203>
- Tabors, P. O. (1997). One child, two languages: a guide for preschool educators of children learning English as a second language. *Choice Reviews Online*, Vol. 35, pp. 35-1033-35–1033. <https://doi.org/10.5860/choice.35-1033>
- Talwar, V., Crossman, A., & Wyman, J. (2017). The role of executive functioning and theory of mind in children's lies for another and for themselves. *Early Childhood Research Quarterly*, 41(May), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.07.003>
- Teuber, H. L. (1972). Unity and diversity of frontal lobe functions. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 32(2), 615–656.
- Teubner-Rhodes, S. E., Mishler, A., Corbett, R., Andreu, L., Sanz-Torrent, M., Trueswell, J. C., & Novick, J. M. (2016). The effects of bilingualism on conflict monitoring, cognitive control, and garden-path recovery. *Cognition*, 150, 213–231. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.02.011>
- Titone, D., Pivneva, I., Sheikh, N. A., Webb, N., & Whitford, V. M. (2015). Doubling down on multifactorial approaches to the study of bilingualism & executive control. *Bilingualism*, 18(1), 43–44. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000595>
- Treccani, B., & Mulatti, C. (2015). No matter who, no matter how... and no matter whether the white matter matters. Why theories of bilingual advantage in executive functioning are so difficult to falsify. *Cortex*, 73, 349–351. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.015>
- Tremblay, P., & Gracco, V. L. (2006). Contribution of the frontal lobe to externally and internally specified verbal responses: fMRI evidence. *NeuroImage*, 33(3), 947–957. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.07.041>
- Valian, V. (2015a). Bilingualism and cognition: A focus on mechanisms. *Bilingualism: Language and Cognition*, 18(1), 47–50. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000698>

- Valian, V. (2015b). Bilingualism and cognition. *Bilingualism: Language and Cognition*, 18(1), 3–24. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000522>
- van Heuven, W. J. B., & Dijkstra, T. (2010). Language comprehension in the bilingual brain: fMRI and ERP support for psycholinguistic models. *Brain Research Reviews*, 64(1), 104–122. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2010.03.002>
- Van Heuven, W. J. B., Schriefers, H., Dijkstra, T., & Hagoort, P. (2008). Language conflict in the bilingual brain. *Cerebral Cortex*, 18(11), 2706–2716. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn030>
- Vaughn, K. A., & Hernandez, A. E. (2018). Becoming a balanced, proficient bilingual: Predictions from age of acquisition & genetic background. *Journal of Neurolinguistics*, 46(December 2017), 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2017.12.012>
- Vinden, P. G. (1996). Junin Quechua Children's Understanding of Mind. *Child Development*, 67(4), 1707. <https://doi.org/10.2307/1131726>
- Wade, M., Prime, H., Jenkins, J. M., Yeates, K. O., Williams, T., & Lee, K. (2018). On the relation between theory of mind and executive functioning: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Psychonomic Bulletin and Review*, 25(6), 2119–2140. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1459-0>
- Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-Analysis of Theory-of-Mind Development: The Truth about False Belief. *Child Development*, 72(3), 655–684. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00304>
- Werker, J. F., & Byers-Heinlein, K. (2008). Bilingualism in infancy: first steps in perception and comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(4), 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.008>
- Wernicke, C. (1874). *Der aphasische Symptomenkomplex*. Breslau: Cohn and Weigert.
- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103–128. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90004-5)
- Woumans, E., & Duyck, W. (2015). The bilingual advantage debate: Moving toward different methods for verifying its existence. *Cortex*, 73, 356–357. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.07.012>
- Yang, H., Hartanto, A., & Yang, S. (2016). The importance of bilingual experience in assessing bilingual advantages in executive functions. *Cortex*, 75, 237–240. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.11.018>
- Yow, W. Q., & Li, X. (2015). Balanced bilingualism and early age of second language acquisition as the underlying mechanisms of a bilingual executive control advantage: Why variations in bilingual experiences matter. *Frontiers in Psychology*, 6(FEB), 1–12.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00164>

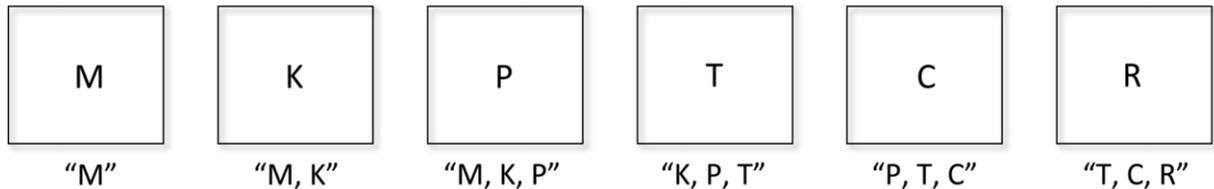
Zahodne, L. B., & Manly, J. J. (2015). Does bilingualism improve cognitive aging? Commentary on Virginia Valian's target article: Bilingualism and cognition. *Bilingualism*, 18(1), 45–46. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000601>

Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 11(1), 37–63. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(96\)90027-1](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(96)90027-1)

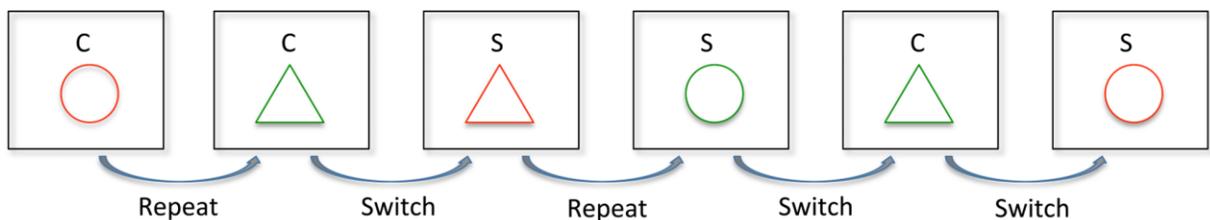
Zhou, B., & Krott, A. (2016). Data trimming procedure can eliminate bilingual cognitive advantage. *Psychonomic Bulletin and Review*, 23(4), 1221–1230. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0981-6>

Miyake et Friedman, 2012. The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions

Updating: Letter Memory Task (Always remember the last 3 letters)



Shifting: Color-Shape Task (Classify each target by color [C] or by shape [S])



Inhibition: Antisaccade Task (Report the arrow direction presented on the nonflashed side)

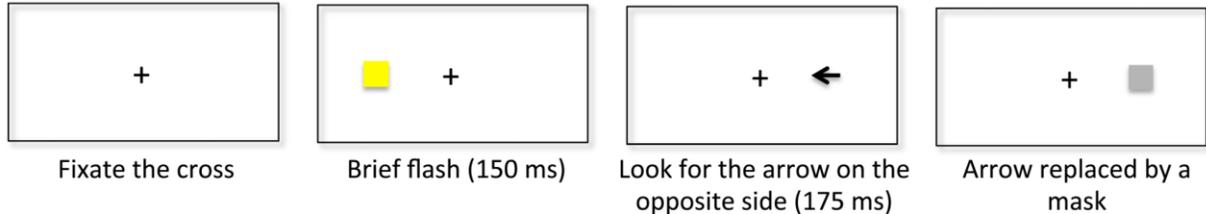


Figure 1.

Schematic illustrations of three executive function (EF) tasks used in our current EF test battery. (A) In the letter memory task (an example of an updating task), participants are presented with a series of consonant letters one at a time. Their task is to report the last three letters after the presentation of the letter sequence ends. To ensure that participants constantly update their working memory contents, they are required to say aloud what the last three letters are after each letter. The dependent measure is the accuracy of the recalled letters at the end. (B) In the color-shape task (an example of a shifting task), participants see a letter cue first (either C or S) and, depending on the cue, they make a classification decision about the target item presented shortly afterwards in terms of color (green or red) or shape (circle or triangle) by pressing appropriate buttons on a button box. The dependent measure is the switch cost, namely, a reaction time difference between switch and repeat trials. (C) In the antisaccade task (an example of an inhibition task), participants first fixate on the center cross. When a brief flash occurs, they need to avoid looking at that flash and instead move their gaze toward the opposite side of the screen so that they can correctly identify and report the direction of an arrow briefly presented there. The dependent measure is the proportion of correctly reported arrows. More procedural details of these tasks and the details of other EF measures we use are provided in Friedman et al. (2008).

Annexe 2

Teubner-Rhodes et al., 2016. The effects of bilingualism on conflict monitoring, cognitive control, and garden-path recovery

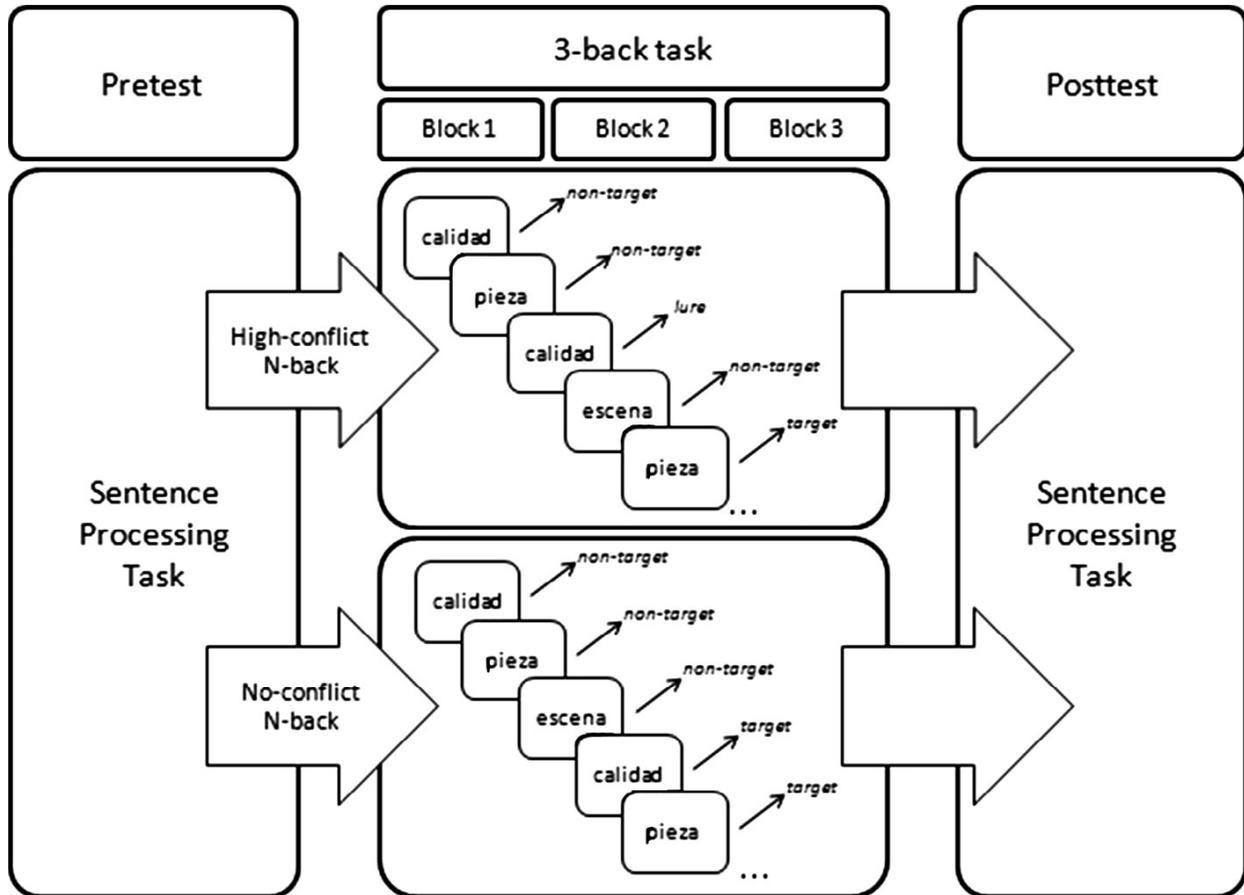


Figure 1.

Schematic of the study design. Participants completed a sentence-processing task before they were randomly assigned to either a high- or no-conflict version of the N-back task. They completed a complementary form of the sentence-processing task after the N-back task. Both N-back versions are depicted: while the no-conflict task (bottom panel) contained only target trials that were 3-back matches and non-target trials that had not appeared before, the high-conflict task (top panel) also included lure trials, items that had appeared before but not in the target 3-back position, thus tapping conflict detection of highly familiar but non-target stimuli. For instance, in the high-conflict task, the second “calidad” is a lure, because it matches the item that had occurred 2 (rather than 3) items previously. In contrast, the same item appears as a target, or 3-back match, in the no-conflict task, which did not include any lures.

Annexe 3

Teubner-Rhodes et al., 2016. The effects of bilingualism on conflict monitoring, cognitive control, and garden-path recovery

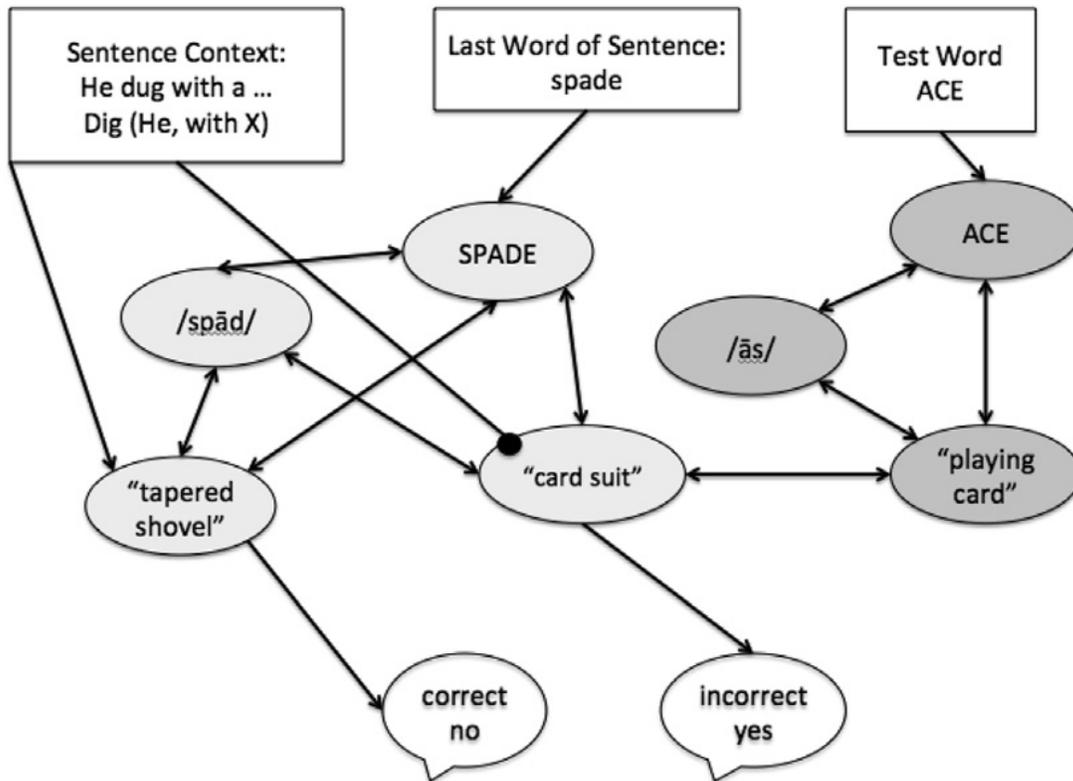
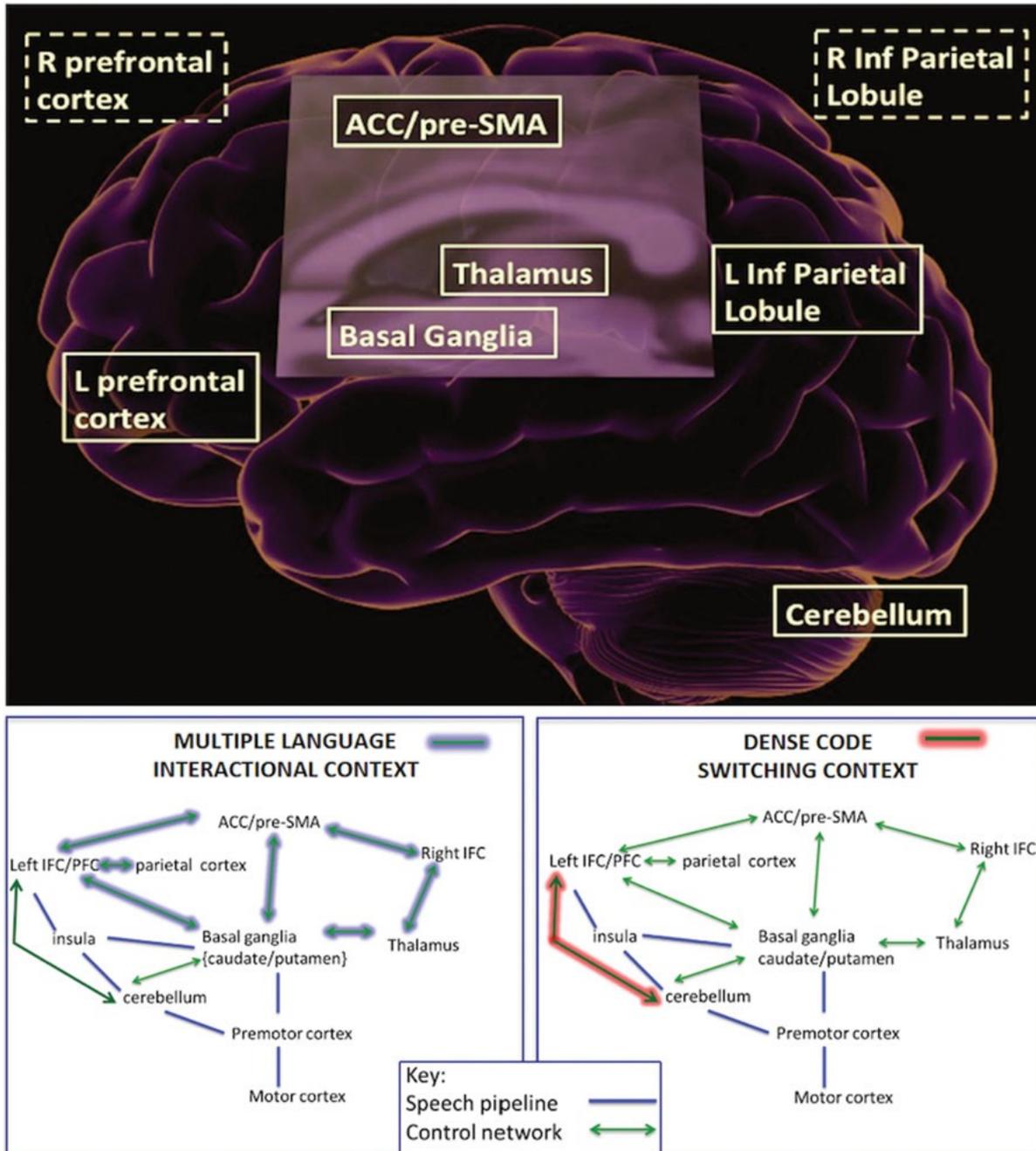


Figure 1.

A schematic of the cognitive architecture proposed by Gernsbacher et al. to explain how comprehension skill modulates the suppression of the sentence inappropriate meaning of a homograph. Note the presence of an inhibitory link (ending in a solid dot) from the sentence context to the inappropriate meaning ("card suit") and the absence of direct inhibitory links between the two alternative meanings of the homograph.

Annexe 4

Abutalebi et Green, 2016. Neuroimaging of language control in bilinguals: neural adaptation and reserve



Note that boxes with dotted lines denote brain regions in the right hemisphere (R = right; L = left; Inf = inferior; IFC = inferior frontal cortex).

Figure 1. Brain Regions related to language control (top) and their functional interactions in two different situational contexts (bottom) as outlined by the adaptive control model (Green & Abutalebi, 2013). In a multiple language interactional context (bottom, left) both languages can be active and in order to speak in one language the speaker has to maintain the goal, detect salient cues, control interference and eventually inhibit responses with task engagement and disengagement. This engages more extensively the following components of the control network: bilaterally the inferior frontal and parietal cortices, the ACC/pre-SMA, and the basal ganglia and the thalamus. The network is still engaged in a dense code-switching context (bottom, right) but since this particular condition relies also on opportunistic planning, a cerebellar-left prefrontal connection is heavily engaged (see for more details, Green & Abutalebi, 2013).

Ambrosini et al., 2019. Neuro-cognitive architecture of executive functions: A latent variable analysis

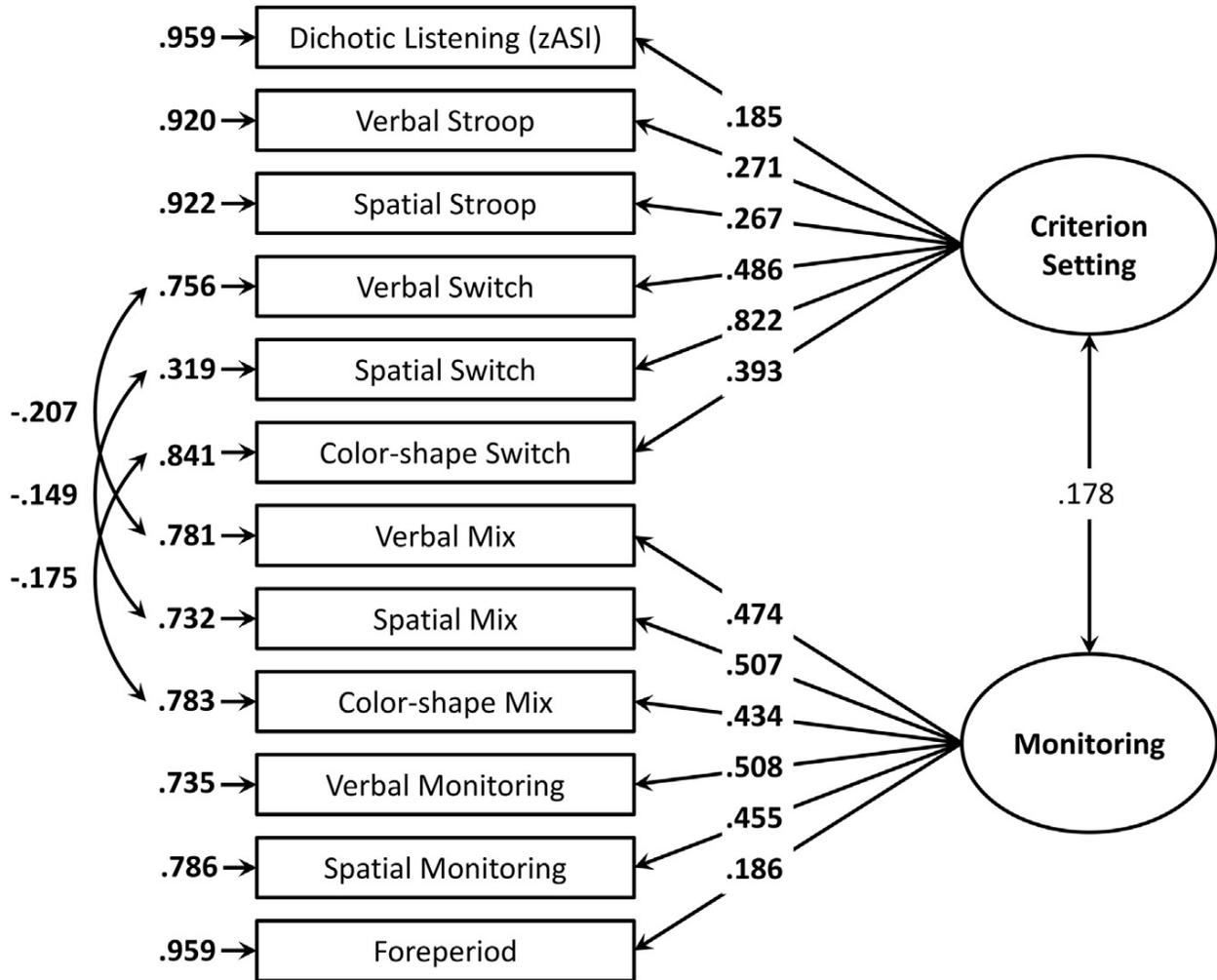


Figure 2.

The two-factor process-based Criterion-Setting-Monitoring (CS_M) model. The rectangles represent the observed executive function scores, while the ovals represent the latent variables. The numbers over the straight, single-headed arrows that go from the latent variables to the executive function scores are the standardized factor loadings. The numbers at the end of the smaller arrows on the left are the error variances for each executive function score due to measurement error and task-specific requirements. The numbers over the curve, double-headed arrows on the left indicate the correlations of the task error variances. The number next to the double-headed arrow connecting the latent variables shows the correlation between them. Significant factor loadings and correlations are indicated in bold.

Miyake et al., 2000. Neuro-cognitive architecture of executive functions: A latent variable analysis

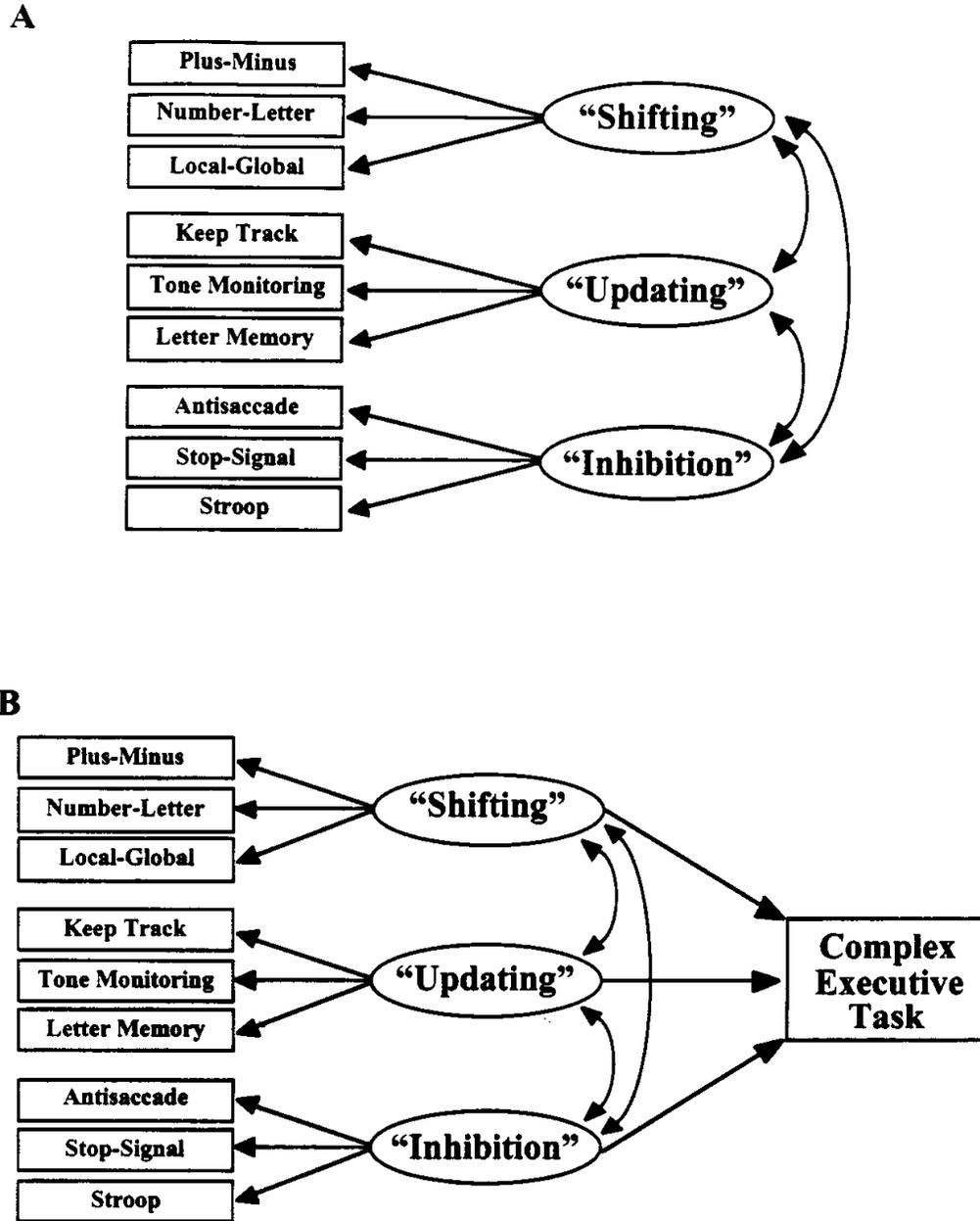


Figure 1.

(A) The theoretical “full, three-factor” model used for the confirmatory factor analysis (CFA). The ellipses represent the three executive functions (latent variables), and the rectangles represent the individual tasks (manifest variables) that were chosen to tap the specific executive functions, as indicated by the straight, single-headed arrows. The curved double-headed arrows represent correlations among the latent variables. Both models depict three latent constructs, namely, Shifting, Updating, and Inhibition, which are hypothesized to be correlated but separable. (B) A generic model for the structural equation modeling (SEM) analysis. This model is identical to the CFA model with the addition of a manifest variable on the right side that represents a complex executive function measure. In this particular model (the “full” model), the manifest variable on the right has paths from all three latent variables to estimate the contribution of each to performance on the executive task.

Annexe 6

Botvinick, 2008. Hierarchical models of behavior and prefrontal function

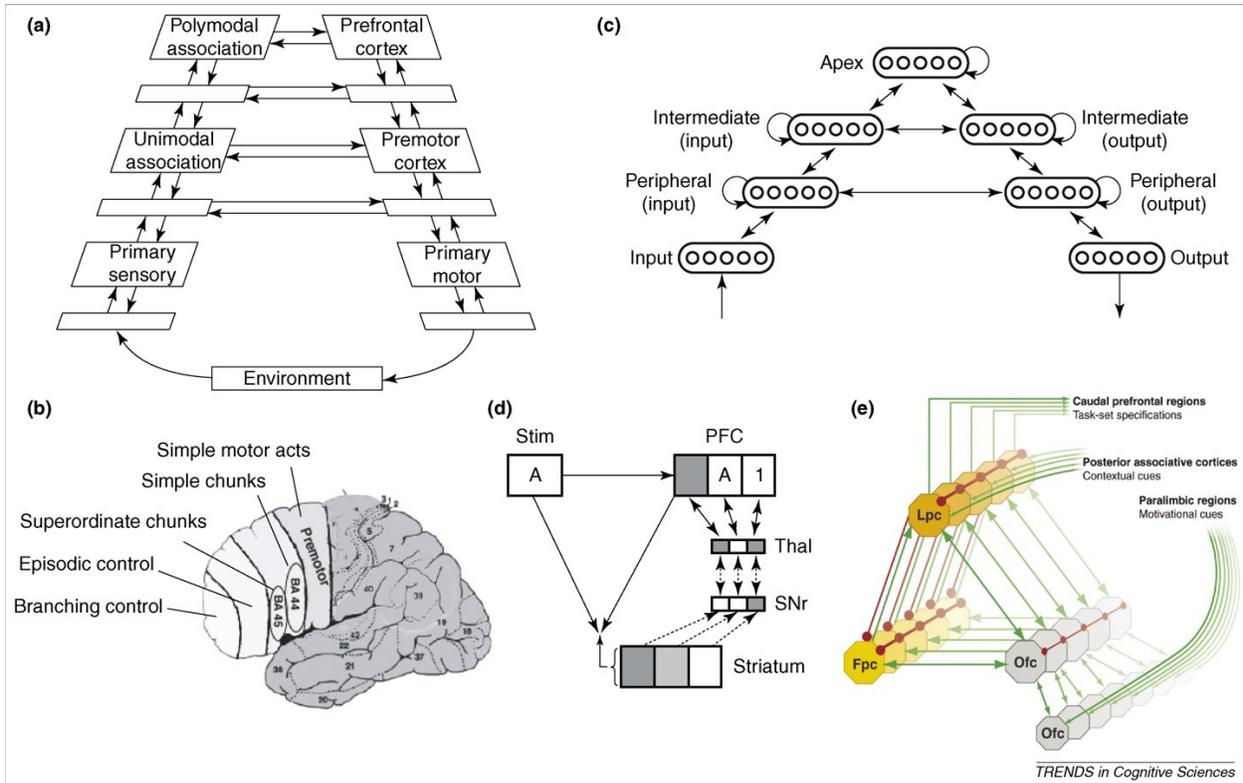


Figure 3. Hierarchical organization in frontal cortex. (a) The position of the DLPFC within a hierarchy of cortical areas, as described by Fuster [45]. (b) Levels of control represented in different sectors of frontal cortex, according to Koechlin [9]. Representations become progressively more abstract towards the rostrum. (c) The hierarchically structured network studied by Botvinick [35], showing only a subset of units in each layer. Arrows indicate all-to-all connections. When trained on a hierarchically structured task, units in the apical group spontaneously come to represent context information more strongly than do groups further down the hierarchy. (d) Schematic of the gating model proposed by O'Reilly and Frank [14], during performance of a task requiring maintenance of the stimuli '1' and 'A' in working memory. At the point shown, a '1' has already occurred and has been gated into a prefrontal (PFC) stripe via a pathway through the striatum, substantia nigra (SNr) and thalamus (thal). At the moment shown, an 'A' stimulus occurs (Stim) and is gated into another PFC stripe. Two levels of context are thus represented. (e) Koechlin's [37] model of FPC function. Orbitofrontal cortex (Ofc) encodes the incentive value of various tasks. When two tasks are both associated with a high incentive value, the one with the highest value is selected within lateral PFC (Lpc) for execution, while the runner-up is held in a pending state by the frontopolar cortex (Fpc). Part (a) reprinted, with permission, from Ref. [45] (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/08966273>); part (b) reprinted, with permission, from Ref. [9] (www.oup.com); part (c) reproduced, with permission, from Ref. [35] (<http://publishing.royalsociety.org/>); part (d) adapted, with permission, from Ref. [14] (<http://mitpress.mit.edu>); part (e) reprinted, with permission, from Ref. [37].

Annexe 7

Bourguignon, 2014. A rostro-caudal axis for language in the frontal lobe: The role of executive control in speech production

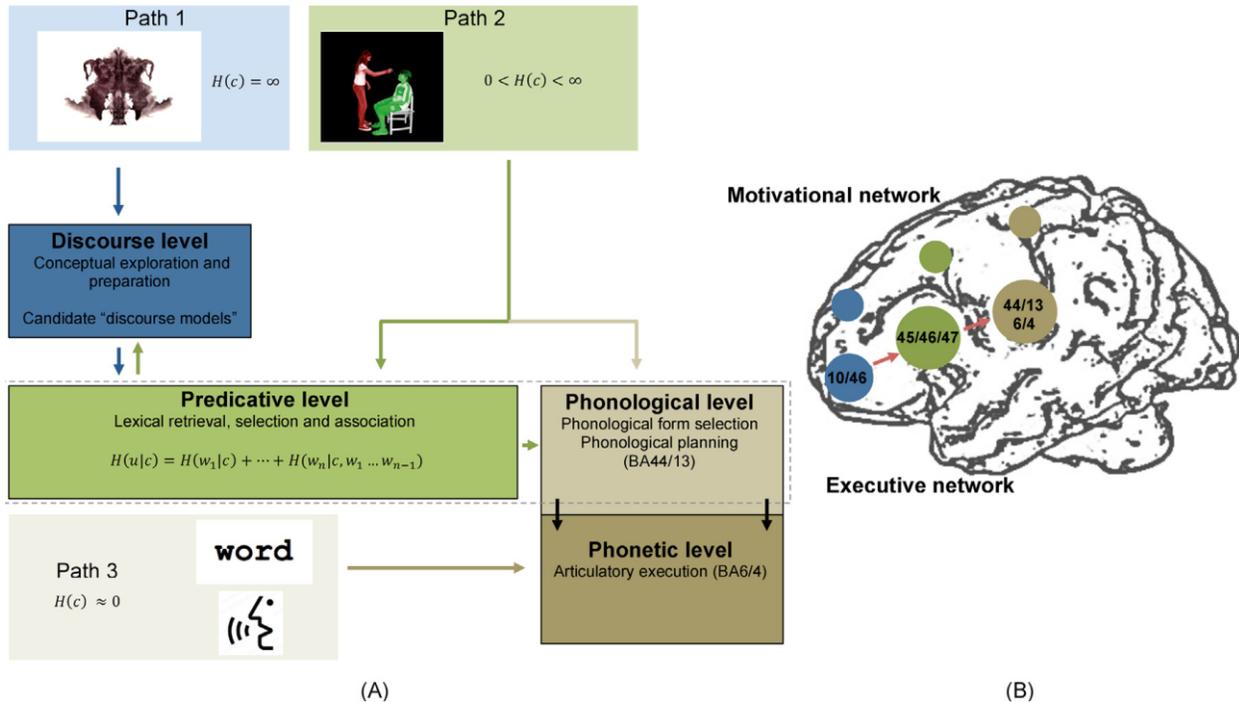


Fig. 3. Executive model of pFC functions during speech production. Part A depicts the various speech contingencies in which speech is elicited. Path 1-Discourse level (blue boxes and arrows) corresponds to speech elicited in circumstances associated with a large number of possible utterances, requiring selection of a discourse model out of a finite set of alternatives extracted from long-term memory; Path 2-Predicative-Phonological level (green-light gray boxes and arrows) corresponds to intermediate levels of speech associated with more structured but potentially ambiguous cues for lemma retrieval, selection and association (predicative level) and phonological selection (phonological level); Path 3-Phonetic level (dark gray box and arrow) corresponds to speech elicited by unambiguous phonetic or graphemic cues, both of which are associated with very high codability. Part B illustrates the neurobiological implementation of the model in pFC: The discourse level is associated with fronto-polar and rostral-prefrontal cortex(BA10/46); the predicative level with the mid-caudal dorso- and ventrolateral frontal cortex (BA45/46/47) and the phonological-phonetic level with insular (BA13), opercular(BA44) and pre-central regions (BA4/6). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of the article.)

Annexe 8

Blanco-Elorrieta et Pykkänen, 2018. Ecological Validity in Bilingualism Research and the Bilingual Advantage

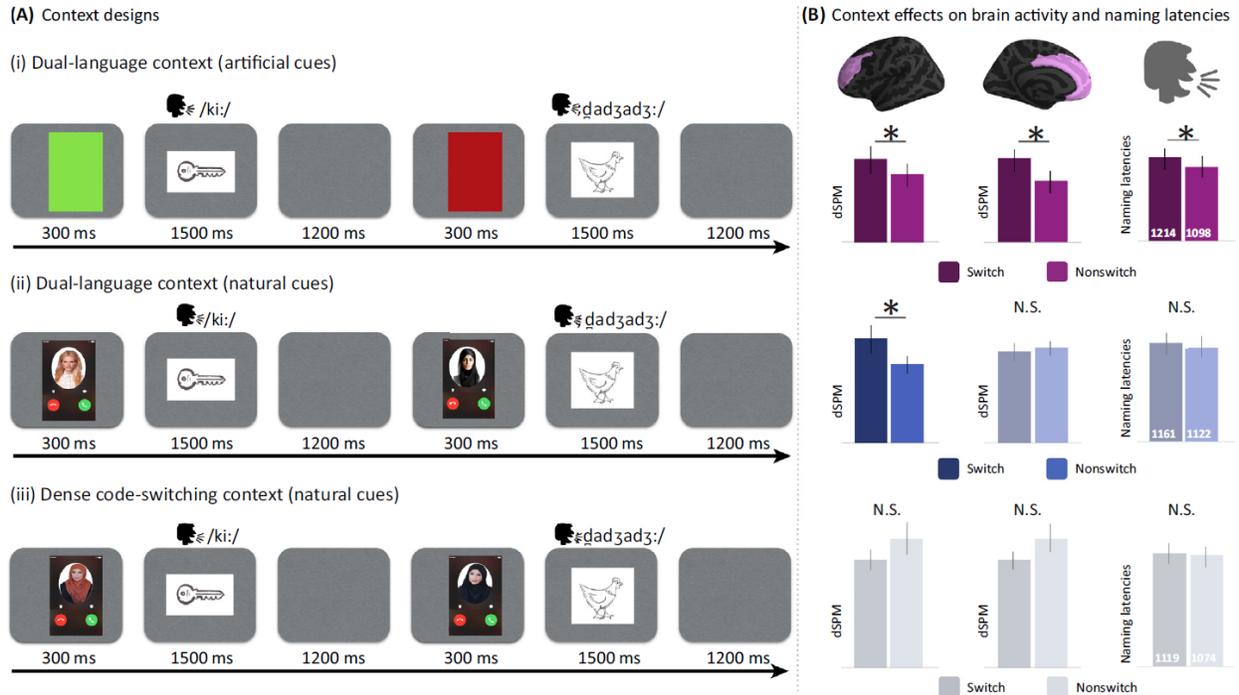


Figure 1. Language Switching Effects through Different Communicative Contexts. Trial design for experimental conditions varying from less natural to more natural contexts (taken from [40]). In all conditions, participants were asked to name the drawing as quickly and as accurately as possible in the language that matched the cue they had just seen. (A) In conditions (i) and (ii), participants had to switch languages based on the available cue. In condition (iii) participants were allowed to choose the language to name the picture freely. (B) Dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC; left column), anterior cingulate cortex (ACC; middle column) and reaction time (right column) results for Switch (dark shades) versus Nonswitch (light shades) trials, across the three contexts. Statistical significance is marked with an asterisk (*), nonsignificance is marked with N.S. dSPM stands for dynamic statistical parameter maps, which index noise-normalized brain activity [111].

Annexe 9

Anderson, Chung-Fat-Yim, Bellana, Luk et Bialystok, 2018. Language and cognitive control networks in bilinguals and monolinguals

In the verbal switching task, a cue for English (Ontario flag) or French (Quebec flag) was presented simultaneously above a digit and letter. These cues are highly familiar to all participants and associated with English and French languages, respectively. Participants were asked to indicate whether the digit began with that letter in the language indicated by the flag by pressing the corresponding button. The stimuli included the digits 1 through 9 and the letters a, c, d, e, f, h, j, n, o, q, r, s, t, u, and w (see Fig. 1a). In the nonverbal switching task, two stimuli appeared below a color or form cue and participants had to indicate whether the stimuli matched on the cued dimension. The shapes used were circle, triangle, square, and hexagon, and the colors used were blue, yellow, red, and green (see Fig. 1b).

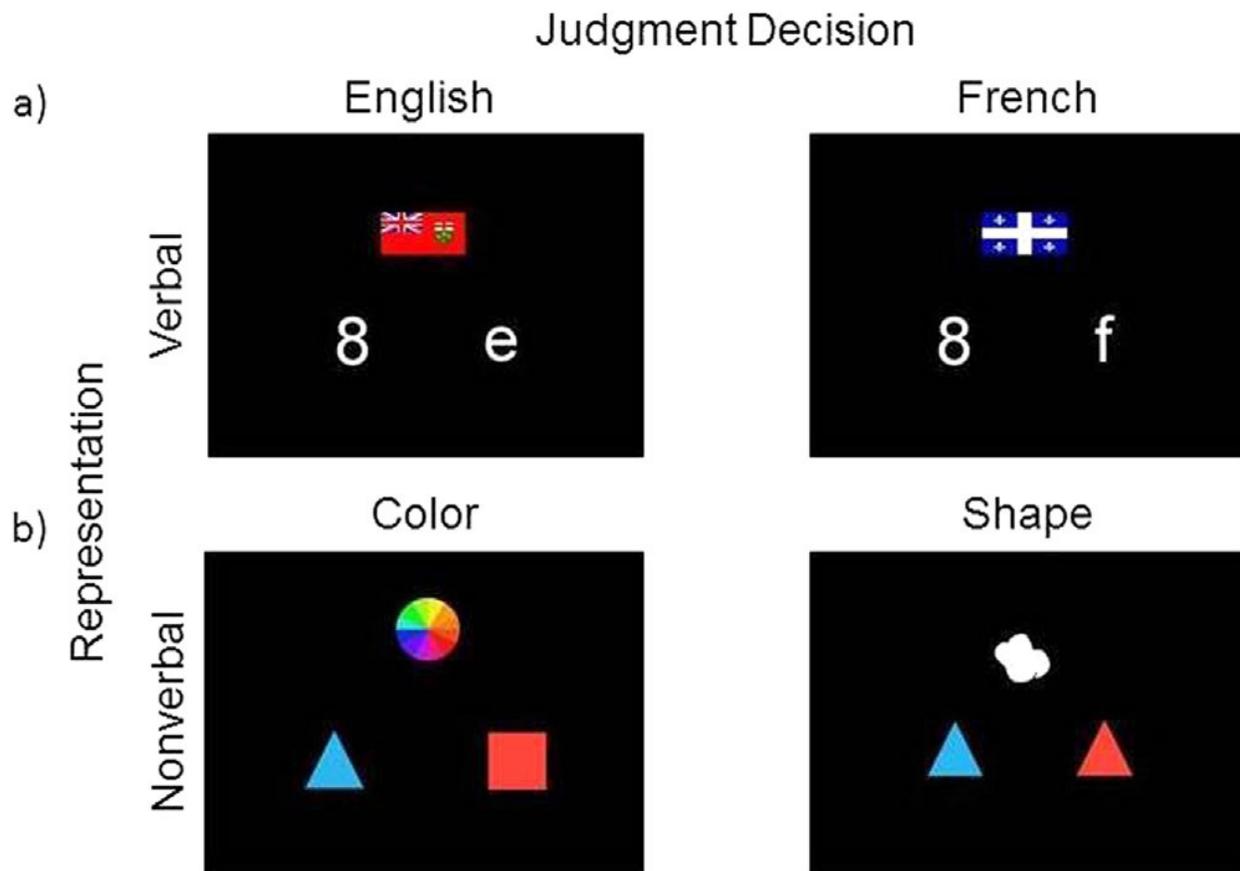


Fig. 1. Sample stimuli from the verbal and nonverbal task. (a) Verbal task: The image on the left depicts a trial where the participant had to make a judgment in English (8= eight, a match trial). The image on the right depicts a trial where the participant had to make a judgment in French (8= huit, a mismatch trial). (b) Nonverbal task: The image on the left depicts a trial where the participant had to make a judgment for color (blue vs. red, a mismatch). The image on the right depicts a trial where the participant had to make a judgment for shape (triangle vs. triangle, a match trial).