



Université Paris 8 – Vincennes-Saint-Denis  
École Doctorale n° 224 Cognition, Langage, Interaction  
UR Fonctionnement et Dysfonctionnement Cognitifs : Les Âges de la Vie  
(DysCo)

**Thèse**  
Pour obtenir le grade de  
**Docteur en Psychologie de l'UNIVERSITÉ Paris 8**

Présentée et soutenue publiquement par

**Emeline LUSSIANA**

Le 21 octobre 2021

**Difficultés de compréhension de textes et processus à  
l'œuvre lors de la production d'inférences : Éclairages par  
une approche incarnée de la cognition**

Sous la direction de Sabine GUÉRAUD

En collaboration avec Rémy VERSACE

**JURY**

Florence BARA, MCF-HDR, Université Toulouse Jean Jaurès, *Rapportrice*

Laurence CONTY, PU, Université Paris Nanterre, *Présidente*

Sabine GUÉRAUD, MCF-HDR, Université Paris 8, *Directrice*

Lucette TOUSSAINT, PU, Université de Poitiers, *Examinatrice*

André TRICOT, PU, Université Montpellier 3, *Rapporteur*

Rémy VERSACE, PU, Université Lumière Lyon 2, *Examineur*



## Résumé

De nombreux travaux se sont intéressés à la manière dont un lecteur comprend un texte. Certains, focalisés plus précisément sur les différences inter-individuelles, révèlent un profil particulier de lecteurs, qualifiés de faibles compreneurs (FC). Ces lecteurs présentent des difficultés à comprendre des textes sans difficulté au niveau de la reconnaissance des mots écrits. La communauté scientifique s'accorde sur le fait qu'ils seraient en difficulté face à une habileté centrale à l'activité de compréhension : l'habileté à produire des inférences (e.g. Oakhill, 1983, 1984). À ce jour, plusieurs hypothèses explicatives de ces difficultés co-existent, sans qu'aucun consensus ne se dégage, ces hypothèses n'étant cependant pas contradictoires ni exclusives. Toutefois, aucune étude n'a porté précisément sur les processus cognitifs mis en jeu lors de la production d'une inférence chez ce type de lecteurs. L'objectif général de la présente thèse est ainsi d'approfondir les connaissances sur le profil des FC par l'étude des processus impliqués dans la production d'inférences. Pour répondre à cet objectif nous avons ancré notre réflexion au sein de deux approches. D'une part, le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b) qui postule que les inférences résultent des changements de disponibilité des informations en mémoire au cours de la lecture, et sont sous-tendues par trois processus mnésiques : l'activation, l'intégration et la validation. Nous supposons ainsi, que les difficultés de compréhension des FC pourraient être la conséquence d'une difficulté au niveau de l'émergence des connaissances. D'autre part, l'approche incarnée de la cognition qui prône l'idée selon laquelle, les connaissances émergent de la simulation des états corporels des expériences passées (e.g. Barsalou, 2008). Le lecteur simule ainsi les représentations sensori-motrices de la situation décrite par le texte afin d'en comprendre le sens (e.g. Glenberg & Kaschak, 2002; Madden & Zwaan, 2006). Trois mécanismes seraient impliqués dans l'émergence des connaissances : l'activation intra-trace, l'activation inter-traces et l'intégration multimodale (modèle Act-In, Versace et al., 2009, 2014). L'hypothèse d'une efficacité moindre des processus sous-tendant l'émergence d'une trace chez les FC a alors été émise.

Afin de tester l'hypothèse que les difficultés de compréhension des FC pourraient, en partie, être causées par des difficultés d'émergence des connaissances, cinq études ont été réalisées. Notre travail expérimental s'articule en deux axes de recherche. Le premier axe, comprenant les Études 1, 2A et 2B, porte spécifiquement sur l'efficacité d'un des processus décrits dans le modèle RI-Val, le processus de validation et ce auprès d'adolescents se différenciant en termes de niveau de compréhension. Les résultats obtenus révèlent que l'évaluation de la pertinence d'une phrase est plus tardive chez les FC comparativement à des moyens et bons compreneurs (BC), et d'autant plus précoce chez ces derniers. Le deuxième axe teste plus spécifiquement l'émergence des connaissances, par l'étude du processus d'intégration (Études 3 et 4), et de la simulation motrice impliquée dans la reconnaissance des objets (Étude 5). Les résultats de l'Étude 3 montrent un degré d'intégration des composants constitutifs d'une trace moindre chez les FC que chez les BC. Ils suggèrent ainsi que les FC auraient besoin d'un plus grand nombre d'expériences vécues pour intégrer les composants au sein d'une trace mnésique. Dans l'ensemble, les résultats obtenus permettent de valider nos hypothèses, et ainsi apporter un éclairage nouveau sur l'origine des difficultés rencontrées par certains lecteurs lorsqu'ils comprennent un texte. L'originalité de cette thèse réside en effet dans l'étude des processus impliqués dans la production d'inférences, et ce au cours des traitements ; et dans l'articulation entre deux domaines de recherche, à savoir la compréhension de textes, et le fonctionnement mnésique selon une approche incarnée. Il s'agit également de rares recherches réalisées auprès d'une population d'adolescents âgés entre 12 et 14 ans dans ces domaines.

*Mots-Clés* : Faibles compreneurs – Production d'inférences – Mémoire – Cognition incarnée – Adolescents

## Abstract

A lot of research works have focused on the way of the reader understands a text. Some, focused especially on the inter-individual differences, highlight a specific profile of readers, described as less-skilled comprehenders (LSC). These readers show difficulties text comprehension difficulties with no difficulty at the word recognition level. The scientific community agrees on the fact that they would appear to have difficulties with a central skill for the comprehension activity: the inferential skill (e.g., Oakhill, 1983, 1984). To this day, several hypotheses explaining these difficulties coexist, with no consensus taking over, as these hypotheses are neither contradictory nor exclusive. However, no study has focused precisely on the cognitive processes involved in the inference production for this type of readers. The main goal of this thesis is therefore to deepen the knowledge on the LSC profile through the study of the processes involved in the inference production. To achieve that goal, we have based our analysis on two approaches. First, the RI-Val model (Cook & O'Brien, 2014; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b) which postulates that the inferences are the result of changes in the availability of information in memory throughout the reading process, and that they would be underlaid by three memory processes: activation, integration and validation. We therefore suppose that the comprehension difficulties of LSC could be the consequence of a difficulty at the emergence of knowledge level. Second, the grounded cognition which claims that knowledge is the result of the simulation of the body's states from past experiences (e.g. Barsalou, 2008). The reader therefore simulates the sensory-motor representations of the situation described by the text to understand its meaning (e.g. Glenberg & Kaschak, 2002; Madden & Zwaan, 2006). Three mechanisms would be involved in the emergence of knowledge: intra-trace activation, inter-trace activation and multimodal integration (Act-In model, Versace et al., 2009, 2014). We then developed the idea of less efficient processes underlying the emergence of a trace in the LSC.

In order to test the hypothesis that comprehension difficulties in LSC could, in part, be the result of difficulties in the emergence of knowledge, five studies were carried out. Our experimental work follows two research axes. The first axis, including Studies 1, 2A and 2B, focuses on the efficiency of one of the processes described in the RI-Val model, the validation process, and specifically on teenagers with different comprehension levels. The obtained results reveal that the evaluation of the sentence's relevancy occurs later in LSC compared to average and skilled comprehenders (SC), and especially compared to the latter. The second axis tests especially the emergence of knowledge, via the study of the integration process (Studies 3 and 4) and the motor simulation involved in the recognition of objects (Study 5). The results of Study 3 show a lesser degree of integration of the components of a trace in LSC than in BSC. These therefore suggest that the LSC could need a greater number of lived experiences so as to integrate the components of a memory trace. Overall, the obtained results validate our hypothesis, and therefore shed a new light on the origins of the difficulties encountered by some readers when understanding a text. The originality of the present thesis resides in the study of the processes involved in inference production, and this during the treatments; and in the junction between two research fields, namely text comprehension and memory according to grounded cognition. This is also one of the rare pieces of research in those fields carried out on teenagers between 12 and 14 years old.

*Keywords:* Less skilled comprehenders – Inference production – Memory – Grounded cognition – Teenagers

## Remerciements

Tout d'abord je souhaite remercier Sabine Guéraud de m'avoir suivi depuis maintenant cinq années. Je la remercie spécifiquement pour ses enseignements multiples, ses encouragements, sa bienveillance et ses nombreux conseils, tant au niveau scientifique que personnel. J'ai eu la chance d'être sa première doctorante et surtout de bénéficier de l'ensemble de ses qualités aussi bien professionnelles qu'humaines pour devenir la chercheuse que je suis aujourd'hui.

Je remercie également Rémy Versace d'avoir apporté sa collaboration à cette thèse. Il m'a apporté son expertise sur l'approche incarnée, et donné un ensemble de précieux conseils qui ont renforcé la qualité de mon travail. Je le remercie également pour son accueil à l'EMC et sa disponibilité lors de mes différents passages à Lyon.

Je tenais à remercier maintenant l'ensemble des membres de mon jury d'avoir accepté d'examiner cette thèse, et ainsi d'apporter chacun leur expertise : au Professeur André Tricot et à Madame Florence Bara, rapporteurs de cette thèse, et aux Professeures Lucette Toussaint et Laurence Conty, examinatrices, merci de me faire l'honneur d'évaluer mon travail.

Mes remerciements à l'ensemble des établissements qui ont accepté de participer à ces études, à savoir : les collèges Saint-Joseph (Tassin La demi-lune), Georges Clémenceau (Lyon 7<sup>ème</sup>), Georges Politzer (Dammarie-les-Lys), Jean Perrin (Kremlin-Bicêtre), Honoré de Balzac (Paris 17<sup>ème</sup>), Jeanne d'Arc (Kremlin-Bicêtre), Rosa Parks (Gentilly), et Alphonse De Lamartine (Paris 9<sup>ème</sup>). J'adresse un merci tout particulier aux chefs d'établissements pour m'avoir ouvert leurs portes, ainsi qu'à leurs personnels pour leur accueil, mais surtout un très grand merci aux collégiens qui ont joué le jeu. Sans vous, ces études n'auraient pas existé.

Merci aux membres du laboratoire DysCo, pour leur bienveillance. Particulièrement Serge, Sandrine et Louise d'avoir accepté de participer à mon comité de suivi de thèse, et pour leurs conseils et remarques avisés. Merci à Charlotte et Corentin pour leur accueil à Nanterre et leurs conseils pédagogiques. Mes remerciements ne s'arrêtent pas qu'à un seul laboratoire. Je remercie Lionel Brunel et Amandine Rey pour le partage de leurs matériels d'étude. Ainsi que Guillaume Vallet pour son aide au niveau des analyses statistiques. Je remercie également un ensemble de personnes au sein de l'Université Paris 8 dont Marianne Habib, Roxane Bordes, Marie-Carmen Castillo, Corinna Kholer, Sophie Henry et Reinaldo Lara, qui ont contribué à rendre mon cadre de travail serein et agréable. Un merci tout particulier à Patrick Mollaret et Jean Louis Tavani de m'avoir *adoptée* au sein de leur laboratoire.

Je tenais aussi à remercier mes collègues actuels et anciens, sans qui ces années n'auraient pas été les mêmes. À Nanterre, merci à Clément pour nos diverses conversations ; à Julien pour notre collaboration d'une année en tant que représentants et à Simon pour son accueil et nos pauses café (même si elles n'ont duré que quelques semaines). À Paris 8, merci d'abord à Hélène pour ses multiples blagues et sa bonne humeur permanente ; à Clément pour nos conversations animées, parfois houleuses, mais toujours enrichissantes ; à Adrien pour son inestimable soutien, ses précieux conseils, sa disponibilité à toute heure, surtout dans ces derniers mois d'écriture ; et à Eve pour sa présence, ses encouragements et tous ses conseils avisés qui m'ont permis de prendre confiance en moi professionnellement et personnellement, ces conseils continueront, je le sais, à m'aider dans mes choix.

Je tenais aussi à remercier tous mes proches. Tout d'abord ma famille, particulièrement mes parents Béatrice et Jean-Pierre, et ma sœur Armelle, toujours présent à *leur manière*, qui m'ont toujours encouragé (et continueront !) dans tout ce que je fais. Armelle, juste quelques petits mots supplémentaires pour te dire merci pour la complicité unique et grandissante que l'on partage, et de réussir à me faire rire en toutes circonstances. Mes pensées vont aussi à mon grand-père Alain qui aurait été très fier de voir sa petite fille aller jusque-là dans ses études. Mes remerciements aussi à tous mes amis qui m'ont soutenu durant ces quatre ans. Je ne peux vous citer tous ici, mais je tenais particulièrement à remercier Clémentine, Amandine, Gus, William, Cécile, Amélie, Clarisse, Fanny et Justine pour leurs encouragements, relectures, conseils et présences que ce soit autour d'une bière, d'un repas ou simplement par téléphone.

Je tenais finalement à remercier Morgane, ma colocataire, pour son aide (particulièrement en anglais) et ses encouragements précieux et surtout pour son écoute quotidienne même si elle a dû lutter à maintes reprises pour rester éveillée. Je remercie Haifat, ces quatre années n'auraient pas été les mêmes sans elle. Merci particulièrement pour ta bonne humeur, tes talents culinaires, de m'avoir fait découvrir le *Gudu gudu*, ton honnêteté, tes encouragements, tes conseils et ta présence, qui plus d'une fois m'ont permis de retrouver l'énergie pour continuer. Enfin, mes remerciements vont à Elisa, notre amitié, très précieuse à mes yeux, s'est consolidée tout au long de cette thèse. Merci pour ton aide, ton écoute (parfois contre ton gré), ton enthousiasme, ta bonne humeur, ta bienveillance et tes conseils.

À vous toutes et tous, et à celles et ceux que j'aurais pu maladroitement oublier, un grand merci.

# TABLE DES MATIERES

Table des matières .....	7
Table des Figures .....	11
Table des Tableaux.....	14
Introduction .....	15
Partie Théorique .....	20
Chapitre 1 : Le profil des faibles compreneurs.....	21
1.1. Différents profils de lecteur .....	21
1.2. Faibles compreneurs et difficultés au niveau des processus impliqués dans la reconnaissance des mots écrits .....	26
1.2.1. Les compétences phonologiques et sémantiques des FC.....	27
1.2.2. L'influence du vocabulaire sur la capacité de compréhension .....	31
1.3. Faibles compreneurs et difficultés au niveau des processus impliqués dans la compréhension de textes .....	33
1.3.1. La sensibilité à la structure du texte.....	33
1.3.2. Le contrôle de l'activité .....	35
1.3.2.1. Les fonctions exécutives .....	38
1.3.2.2. Les capacités d'inhibition.....	40
1.3.2.3. La mémoire de travail.....	41
1.3.3. La production d'inférences .....	43
1.4. Conclusion du chapitre .....	49
1.4.1. Plusieurs hypothèses explicatives .....	49
1.4.2. Conclusion sur le profil des FC.....	52
Chapitre 2 : Les processus impliqués dans la production d'inférences.....	54
2.1. Le débat des années 1990 concernant la production d'inférences.....	55
2.1.1. L'approche minimaliste (McKoon & Ratcliff, 1992) .....	55
2.2.2. L'approche maximaliste (Graesser et al., 1994) .....	59
2.2. L'approche du traitement de texte basé sur la mémoire (McKoon & Ratcliff, 1998; Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999).....	63

2.2.1. Hypothèses générales .....	63
2.2.2. Hypothèses expérimentales .....	64
2.3. La validation de la pertinence des inférences produites .....	69
2.3.1. Un processus de validation au cœur de la compréhension.....	70
2.3.2. Les caractéristiques du processus de validation.....	73
2.4. Le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b). .....	77
2.4.1. Le fonctionnement des trois processus .....	78
2.4.2. Le seuil de cohérence .....	83
2.5. Conclusion du chapitre : des pistes explicatives des difficultés de compréhension	85
Chapitre 3 : Une compréhension incarnée.....	88
3.1 L'approche incarnée de la cognition.....	89
3.1.1. Les approches cognitivistes et connexionnistes.....	89
3.1.2. Une remise en question du fonctionnement cognitif .....	90
3.1.3. La nature des représentations en mémoire .....	93
3.1.4. L'importance de la simulation .....	96
3.2. Une compréhension incarnée.....	99
3.2.1. Cognition incarnée et langage.....	99
3.2.2. Cognition incarnée et compréhension.....	101
3.2.2.1. La simulation perceptive dans la compréhension.....	101
3.2.2.2. La simulation motrice dans la compréhension .....	103
3.2.3. Le développement des concepts.....	105
3.3. Le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014).....	108
3.3.1. Le fonctionnement général du modèle.....	108
3.3.2. La différenciation des formes de connaissances .....	111
3.4. Conclusion : L'hypothèse d'une difficulté d'émergence des connaissances.....	113
Partie Empirique.....	116
 Chapitre 4 : Étude du processus de validation de phrases chez les adolescents bons et faibles compreneurs.....	118
4.1. Étude pilote : constitution du matériel.....	119
4.1.1. Méthodologie .....	120
4.1.1.1. Participants .....	120
4.1.1.2. Matériel et procédure.....	120



4.1.2. Résultats .....	120
4.2. Étude 1 .....	121
4.2.1. Sélection des participants .....	123
4.2.1.1. Matériel .....	123
4.2.1.2. Procédure .....	125
4.2.1.3. Résultats .....	126
4.2.2. Méthodologie .....	129
4.2.2.1. Matériel .....	129
4.2.2.2. Procédure .....	129
4.2.3. Résultats .....	130
4.2.3.1. Analyse 1 : deux conditions d'apprentissage .....	131
4.2.3.2. Analyse 2 : trois conditions d'apprentissage .....	140
4.2.4. Discussion .....	144
4.3. Études 2A et 2B .....	147
4.3.1. Méthodologie .....	148
4.3.1.1. Participants .....	148
4.3.1.2. Matériel .....	150
4.3.1.3. Procédure .....	150
4.3.2. Résultats .....	151
4.3.2.1. Étude 2A .....	152
4.3.2.2. Étude 2B .....	155
4.3.3. Discussion .....	157
4.4. Discussion générale de l'axe 1 .....	158
Chapitre 5 : L'émergence des connaissances des faibles compreneurs .....	165
5.1. Étude 3 .....	166
5.1.1. Méthodologie .....	167
5.1.1.1. Participants .....	167
5.1.1.2. Matériel .....	169
5.1.1.3. Procédure .....	170
5.1.2. Résultats .....	172
5.1.3. Discussion .....	175
5.2. Étude 4 .....	177
5.2.1. Méthodologie .....	179
5.2.1.1. Participants .....	179

5.2.1.2. Matériel .....	180
5.2.1.3. Procédure.....	181
5.2.2. Résultats .....	182
5.2.3. Discussion .....	183
5.3. Étude 5 .....	183
5.3.1. Pré-test : sélection des participants .....	185
5.3.1.1. Participants .....	185
5.3.1.1. Matériel .....	185
5.3.1.2. Procédure.....	186
5.3.1.3. Résultats .....	186
5.3.2. Méthodologie .....	188
5.3.2.1. Participants .....	188
5.3.2.2. Matériel .....	188
5.3.2.3. Procédure.....	189
5.3.3. Résultats .....	193
5.3.4. Discussion .....	203
5.4. Discussion générale de l'axe 2.....	204
Discussion Générale.....	209
6.1. Synthèse des résultats .....	210
6.2. Contributions .....	214
6.2.1. Les difficultés de production d'inférences comme difficultés d'émergence des connaissances .....	214
6.2.2. La production d'inférences selon une approche incarnée .....	217
6.2.3. Le développement de la production d'inférences .....	219
6.3. Limites et futures recherches .....	222
Références .....	225
Annexes.....	262
Tableau des annexes.....	263

# TABLE DES FIGURES

<b>FIGURE 1</b> <i>LES DIFFERENTS PROFILS DE LECTEURS SELON LEURS CAPACITES DE RECONNAISSANCE DES MOTS ECRITS ET DE COMPREHENSION DE TEXTES.</i> .....	23
<b>FIGURE 2</b> <i>FONCTIONNEMENT DU MODELE RI-VAL</i> .....	79
<b>FIGURE 3</b> <i>NIVEAU DE VALIDATION A ATTEINDRE PAR LE LECTEUR, SELON UN SEUIL DE COHERENCE BAS OU ELEVE.</i> .....	84
<b>FIGURE 4</b> <i>REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU MODELE ACT-IN</i> .....	110
<b>FIGURE 5</b> <i>EFFET D'INTERFERENCE TYPE DE QUESTION*NIVEAU DE COMPREHENSION</i> .....	127
<b>FIGURE 6</b> <i>EFFET DU NIVEAU DE COMPREHENSION POUR LA TACHE DE PRODUCTION D'HYPERONYMES.</i> .....	128
<b>FIGURE 7</b> <i>PHASE D'APPRENTISSAGE ET PHASE DE TEST DE L'ÉTUDE 1, ADAPTEE DE RICHTER ET AL. (2009)</i> .....	130
<b>FIGURE 8</b> <i>EFFET D'INTERFERENCE APPRENTISSAGE*DIFFICULTE POUR L'ENSEMBLE DES PARTICIPANTS</i> .....	132
<b>FIGURE 9</b> <i>EFFET D'INTERFERENCE APPRENTISSAGE*DIFFICULTE POUR LES BC</i> .....	134
<b>FIGURE 10</b> <i>RESULTATS DES BC A LA TACHE DE VALIDATION POUR LES PHRASES DIFFICILES EN FONCTION DE LA VERACITE ET DE L'APPRENTISSAGE</i> .....	136
<b>FIGURE 11</b> <i>EFFET D'INTERACTION APPRENTISSAGE*DIFFICULTE POUR LES MC</i> .....	137
<b>FIGURE 12</b> <i>EFFET D'INTERACTION VERACITE*DIFFICULTE POUR LES MC</i> .....	138
<b>FIGURE 13</b> <i>RESULTATS DES MC A LA TACHE DE VALIDATION POUR LES PHRASES DIFFICILES EN FONCTION DE LA VERACITE ET DE L'APPRENTISSAGE</i> .....	138
<b>FIGURE 14</b> <i>EFFET D'INTERACTION APPRENTISSAGE*VERACITE POUR LES FC</i> .....	140

<b>FIGURE 15</b> <i>RESULTATS DES FC A LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES POUR LES PHRASES DIFFICILES EN FONCTION DE LA VERACITE ET DE L'APPRENTISSAGE.....</i>	140
<b>FIGURE 16</b> <i>RESULTATS DE LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES DE LA PART DES BC POUR LES PHRASES DIFFICILES SELON LES TROIS CONDITIONS D'APPRENTISSAGE .....</i>	142
<b>FIGURE 17</b> <i>RESULTATS DE LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES POUR LES PHRASES DIFFICILES CHEZ LES MC SELON LES TROIS CONDITIONS D'APPRENTISSAGE .....</i>	142
<b>FIGURE 18</b> <i>RESULTATS DE LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES POUR LES PHRASES DIFFICILES CHEZ LES FC SELON LES TROIS CONDITIONS D'APPRENTISSAGE.....</i>	144
<b>FIGURE 19</b> <i>REPRESENTATION DE L'ENCLenchement DU PROCESSUS DE VALIDATION EN FONCTION DU MOMENT D'APPARITION DE LA SONNERIE DE TELEPHONE, SELON LE NIVEAU DE COMPREHENSION, POUR LES PHRASES DIFFICILES VRAIES (A) ET FAUSSES (B).....</i>	146
<b>FIGURE 20</b> <i>EFFET D'INTERFERENCE TYPE DE QUESTION*NIVEAU DE COMPREHENSION POUR LES PARTICIPANTS DES ÉTUDES 2A ET 2B. ....</i>	149
<b>FIGURE 21</b> <i>PHASE D'APPRENTISSAGE DE L'ÉTUDE 2A .....</i>	151
<b>FIGURE 22</b> <i>EFFET D'INTERACTION VERACITE*APPRENTISSAGE DE L'ÉTUDE 2A .....</i>	154
<b>FIGURE 23</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 2A A LA TACHE DE VALIDATION POUR LES PHRASES DIFFICILES SELON LES TROIS CONDITIONS D'APPRENTISSAGE .....</i>	155
<b>FIGURE 24</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 2B A LA TACHE DE VALIDATION SELON LES TROIS CONDITIONS D'APPRENTISSAGE .....</i>	157
<b>FIGURE 25</b> <i>REPRESENTATION DE L'ENCLenchement DU PROCESSUS DE VALIDATION EN FONCTION DU MOMENT D'APPARITION DE LA SONNERIE DE TELEPHONE, SELON LES ETUDES, POUR LES PHRASES DIFFICILES VRAIES (A) ET FAUSSES (B) .....</i>	161
<b>FIGURE 26</b> <i>EFFET D'INTERFERENCE TYPE DE QUESTION*NIVEAU DE COMPREHENSION DE L'ÉTUDE 3 .....</i>	169
<b>FIGURE 27</b> <i>PHASE D'APPRENTISSAGE (A) ET PHASE DE TEST (B) DE L'ÉTUDE 3 .....</i>	171

<b>FIGURE 28</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 3 POUR LES PETITS OBJETS</i> .....	173
<b>FIGURE 29</b> <i>EFFET D'INTERFERENCE AMORCE*NIVEAU DE COMPREHENSION</i> .....	174
<b>FIGURE 30</b> <i>EFFET D'INTERACTION AMORCE*NIVEAU DE COMPREHENSION POUR LES OBJETS PETITS ET SONORES</i> .....	175
<b>FIGURE 31</b> <i>ILLUSION D'EBBINGHAUS</i> .....	177
<b>FIGURE 32</b> <i>RESULTAT DE L'EXPERIENCE 2 DE REY ET AL. (2015)</i> .....	178
<b>FIGURE 33</b> <i>EFFET D'INTERACTION TYPE DE QUESTION*NIVEAU DE COMPREHENSION DE L'ÉTUDE 4</i> .....	180
<b>FIGURE 34</b> <i>STIMULI UTILISES POUR L'ÉTUDE 4 POUR LA PHASE D'APPRENTISSAGE ET LA PHASE DE TEST</i> .....	181
<b>FIGURE 35</b> <i>RESULTATS AU TEST DE COMPREHENSION DE L'ÉTUDE 5</i> .....	187
<b>FIGURE 36</b> <i>TACHE DE CATEGORISATION DE L'ÉTUDE 5</i> .....	190
<b>FIGURE 37</b> <i>PROCEDURE DE L'ÉTUDE 5</i> .....	192
<b>FIGURE 38</b> <i>EFFET D'INTERACTION INDUCTION*ORDRE DE PASSATION</i> .....	194
<b>FIGURE 39</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES BC DE LA CONDITION MOTRICE-CONTROLE</i> ....	198
<b>FIGURE 40</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES MC DE LA CONDITION MOTRICE-CONTROLE</i> ..	199
<b>FIGURE 41</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES FC DE LA CONDITION MOTRICE-CONTROLE</i> ...	200
<b>FIGURE 42</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES BC DE LA CONDITION CONTROLE-MOTRICE</i> ...	201
<b>FIGURE 43</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES MC DE LA CONDITION CONTROLE-MOTRICE</i> ..	202
<b>FIGURE 44</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES FC DE LA CONDITION CONTROLE-MOTRICE</i> ....	203

# TABLE DES TABLEAUX

<b>TABLEAU 1</b> <i>MOYENNES DES BONNES REPONSES A LA TACHE DE VALIDATION EN FONCTION DE LA VERACITE, DE LA DIFFICULTE ET DE L'APPRENTISSAGE</i> .....	133
<b>TABLEAU 2</b> <i>RESULTATS A LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES POUR LES PHRASES DIFFICILES EN FONCTION DE LA VERACITE ET DU NIVEAU DE COMPREHENSION</i> .....	135
<b>TABLEAU 3</b> <i>MOYENNES OBTENUES A LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES DE L'ÉTUDE 2A</i> ....	153
<b>TABLEAU 4</b> <i>MOYENNES OBTENUES A LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES DE L'ÉTUDE 2B</i> ....	156
<b>TABLEAU 5</b> <i>TEMPS DE REPONSE MOYENS POUR LES OBJETS PETITS, SELON LE NIVEAU DE COMPREHENSION</i> .....	172
<b>TABLEAU 6</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES PARTICIPANTS LA CONDITION MOTRICE-CONTROLE</i> .....	196
<b>TABLEAU 7</b> <i>RESULTATS DE L'ÉTUDE 5 POUR LES PARTICIPANTS LA CONDITION CONTROLE-MOTRICE</i> .....	197

# INTRODUCTION

Le langage écrit est omniprésent dans notre société, que ce soit dans les sphères professionnelles autant que personnelles. À travers l'activité de lecture, nous pouvons apprendre, communiquer avec les autres, s'informer, créer des liens, mais également prendre du plaisir. L'objectif principal de la lecture est de comprendre le sens du message écrit. Cette capacité est nécessaire et centrale pour s'insérer dans la société, tant au niveau scolaire, que professionnel ou personnel. Snow (2002) relate que les capacités de lecture sont un déterminant du niveau socio-économique futur, mais également du développement personnel et social de chaque individu. Or, tous les individus ne sont pas égaux face à un texte, certains pouvant présenter des difficultés spécifiques à comprendre le message transmis par un texte ou un discours. Ces difficultés peuvent avoir des conséquences importantes pour ce profil de lecteurs, telles que des difficultés scolaires précoces pouvant entraver les apprentissages, et à long terme l'insertion professionnelle. Identifier et comprendre les difficultés rencontrées par ces lecteurs est ainsi primordial, afin de pouvoir les aider et à plus long terme pouvoir remédier à ces difficultés.

Plusieurs études ont été menées afin d'estimer le nombre d'individus présentant des difficultés de compréhension. En 2010, Ecalte et Magnan ont estimé qu'entre 12 et 20% des élèves scolarisés en élémentaire manifestaient des difficultés de compréhension. Quelques années auparavant, un constat similaire avait déjà été établi, dans lequel approximativement 10% des élèves scolarisés en primaire, bien que présentant de bonnes capacités de décodage de mots, se trouvaient en difficulté lorsqu'il leur était demandé de comprendre un texte (Yuill & Oakhill, 1991). Au collège, environ un tiers des élèves de 6<sup>ème</sup> ne présentent pas le niveau de compréhension de textes attendu pour leur âge (Blanc & Brouillet, 2003). Une étude du Ministère de l'Éducation Nationale (2002, 2003, cité dans Megherbi et Ehrlich, 2005) souligne un fait similaire pour environ 12% des élèves de 17 ans. Plus récemment, le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports associé à la Direction de l'Évaluation de la Prospective et de la Performance (DEPP) a communiqué les résultats de l'évaluation internationale PISA (*Program for International Student Assessment*) réalisée en 2018 auprès des pays de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques). La note d'information révèle que 23% des élèves de 15 ans des pays de l'OCDE (et 21% des élèves français) se situent sous le niveau 2 de l'échelle de compétences de compréhension de l'écrit,

« niveau à partir duquel les élèves commencent à être capables d'utiliser leurs compétences en lecture pour acquérir des connaissances et résoudre des problèmes pratiques » (Chabanon et al., 2019, p.1).

Ces différentes études indiquent ainsi qu'une part non négligeable des élèves a un niveau insuffisant en compréhension de textes. Il est envisageable de considérer qu'un certain nombre de ces élèves présente seulement un retard sur les habiletés sous-tendant l'activité de compréhension, retard qu'ils pourront rattraper plus tard au cours de leur développement. Cependant certains élèves présentent des difficultés spécifiques pouvant persister à l'âge adulte, qui entravent potentiellement leur développement personnel et professionnel. Ce constat est préoccupant, en particulier pour les pouvoirs publics nationaux qui ont fait de la compréhension de textes l'une des quatre priorités des programmes scolaires de l'année 2020-2021, et ce dès le CP (Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2020). Approfondir nos connaissances sur les mécanismes et processus cognitifs impliqués dans la compréhension de textes répond ainsi à une problématique tant scientifique que sociétale, dont l'objectif ultime est de permettre de distinguer les personnes ayant un retard de compréhension, de ceux présentant des difficultés spécifiques, pour à terme, leur apporter une aide spécialisée et adaptée.

Dans cette thèse, nous nous intéressons spécifiquement aux faibles compreneurs. Les lecteurs de ce profil particulier sont décrits comme ayant des difficultés spécifiques de compréhension de textes, sans difficulté de décodage (e.g. Nation, 1999; Oakhill, 1982, 1984). À ce jour, les causes de ces difficultés ne sont pas encore précisément connues, empêchant la description et de surcroît la détection de ce profil. Par conséquent, il n'existe actuellement aucune remédiation éprouvée et approuvée pouvant être proposée aux faibles compreneurs. L'objectif de cette présente thèse est d'apporter de nouvelles connaissances sur ce profil de lecteur. Son originalité réside (1) dans l'étude des processus impliqués dans la production d'inférences, capacité essentielle à la compréhension de textes (Graesser et al., 1994; McKoon & Ratcliff, 1992), (2) dans l'ancrage de notre réflexion dans une approche incarnée de la cognition, et (3) dans la population étudiée, à savoir les adolescents âgés de 12 à 14 ans, qui est peu étudiée à ce jour. À travers cette thèse nous souhaitons aussi proposer une nouvelle manière d'envisager les difficultés de compréhension, en testant le lien entre l'émergence des connaissances et les processus impliqués dans la production d'inférences, lien qui à notre connaissance n'a encore jamais été testé.



De ce fait, dans un premier chapitre théorique nous présenterons les différents travaux portant sur les capacités impliquées dans la lecture réalisés auprès de faibles compreneurs. La lecture est constituée de deux composantes principales : la reconnaissance des mots écrits et la compréhension du texte lu (*The Simple View of Reading*, Gough & Tunmer, 1986; Hoover & Gough, 1990). Nous proposons en conséquence de nous intéresser tant aux études portant sur les processus sous-tendant la reconnaissance des mots (e.g. les capacités orthographiques, phonologiques et sémantiques), que sur les processus sous-tendant la compréhension de textes. Plus précisément, nous nous intéresserons aux trois principaux facteurs influençant la compréhension, à savoir la sensibilité à la structure du texte, le contrôle de l'activité et la production d'inférences (Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). L'objectif de ce premier chapitre sera de faire un bilan sur les différentes pistes explicatives actuellement proposées pour rendre compte des difficultés des faibles compreneurs. Sur la base de ce bilan, deux limites seront développées : (1) l'absence d'un cadre théorique explicatif des difficultés relevées, et (2) l'absence d'études portant sur le fonctionnement des processus cognitifs sous-tendant l'activité de compréhension, et ce au moment où ils opèrent.

Afin de répondre, en partie, à ces limites, le Chapitre 2 sera consacré aux processus impliqués dans la production d'inférences. Plus précisément, nous avons choisi de nous appuyer sur le modèle RI-Val (acronyme des termes *Resonance, Integration, Validation* ; (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b) afin de développer notre réflexion. Ce modèle présente l'avantage de décrire le décours temporel des trois processus sous-tendant la production d'inférences : l'activation, l'intégration et la validation. Après avoir présenté le fonctionnement des processus d'après ce modèle, nous nous intéresserons plus spécifiquement aux travaux portant sur le processus de validation. Ce dernier a fait l'objet de plusieurs recherches depuis une dizaine d'années, mettant en évidence son automaticité dans la compréhension (e.g. Richter, 2015; Richter et al., 2009; Richter & Rapp, 2014; Singer, 2006, 2009, 2013). De plus, Richter et al. (2009) montrent que son efficacité dépend de la rapidité d'accès aux connaissances en mémoire. Sur la base de ces travaux et du modèle RI-Val nous proposons une hypothèse expliquant une partie des difficultés de compréhension des faibles compreneurs en termes d'émergence des connaissances : les informations nécessaires ne seraient pas disponibles en mémoire de travail, entravant l'évaluation de la pertinence de la phrase lue.

Cette hypothèse correspond à notre premier axe de recherche, présenté dans le Chapitre 4. En reprenant l'Expérience 1 de Richter et al. (2009), nous souhaitons tester l'efficacité du processus de validation de phrases, en manipulant la difficulté des phrases lues. Le principe de l'expérience réside dans le fait d'introduire une interférence créée par une sonnerie de téléphone, entendue au moment où le traitement de la pertinence de la phrase est réalisé. Dans l'Étude 1, les performances d'adolescents faibles compreneurs seront comparées à celles d'adolescents bons et moyens compreneurs. Nous nous attendons à observer des patterns de réponses différents selon le niveau de compréhension, mettant en exergue que la rapidité d'enclenchement du processus de validation dépend du niveau de compréhension du lecteur. Pour confirmer les résultats obtenus, nous avons repris la procédure en modifiant le moment d'apparition de l'interférence, dans l'objectif de le rendre plus tardif pour les faibles compreneurs (Étude 2A), et plus précoce pour les bons compreneurs (Étude 2B). Les résultats de ce premier axe seront discutés en termes d'efficacité des processus sous-tendant la production d'inférences selon le niveau de compréhension du lecteur.

De manière à approfondir notre réflexion, le Chapitre 3 sera consacré à l'émergence des connaissances dans une approche incarnée de la cognition. Cette approche a eu une forte influence sur les travaux récents concernant la conceptualisation des connaissances en mémoire (Pexman, 2017). Les représentations ne sont plus considérées comme étant des représentations abstraites et amodales du monde, mais plutôt comme des représentations sensori-motrices des expériences passées (e.g. Versace et al., 2018). De ce fait les connaissances émergent de la réactivation de ces expériences passées par la simulation (e.g. Barsalou, 2003, 2008). Le corps est ainsi considéré comme étant au cœur de la cognition. Aussi, dans le Chapitre 3, après avoir présenté les principaux postulats découlant de l'approche incarnée, nous nous intéresserons plus précisément aux études démontrant que la lecture entraîne l'activation des représentations sensori-motrices (e.g. Glenberg & Kaschak, 2002; Madden & Zwaan, 2006; Stanfield & Zwaan, 2001; Zwaan et al., 2002, 2004). Nous concluons le chapitre par la présentation du modèle Act-In (acronymes des termes *Activation* et *Intégration*, Versace et al., 2009, 2014) décrivant le fonctionnement de la mémoire, et les mécanismes permettant l'émergence des connaissances : l'activation inter-traces, l'activation intra-trace et l'intégration. Sur la base de ces différents apports théoriques, deux hypothèses supplémentaires seront développées concernant les difficultés d'émergence des connaissances des faibles compreneurs. Nous supposons que les difficultés d'émergence des faibles compreneurs pourraient survenir (1) au

niveau de l'intégration des différents composants en mémoire, et (2) au niveau de la simulation mentale.

Ce deuxième axe de recherche sera présenté dans le Chapitre 5. Ce dernier chapitre expérimental se décompose en deux parties, chacune testant l'une de ces deux hypothèses. Afin de tester le processus d'intégration chez les faibles compreneurs, les Études 3 et 4 ont été réalisées. L'Étude 3 reprend celle de Brunel et al. (2010) dans laquelle le mécanisme d'intégration est testé à l'aide d'un paradigme d'amorçage. L'Étude 4, quant à elle, reprend l'Expérience 2 de Rey et al. (2015) testant l'intégration à l'aide d'une illusion perceptive recréée en mémoire. Dans une deuxième partie du chapitre, nous présenterons une cinquième étude. Celle-ci teste la simulation motrice des faibles compreneurs lors d'une tâche de reconnaissance d'objets manipulables. Nous nous attendons à observer des patterns différents de réponses en fonction du niveau de compréhension des participants, suggérant l'existence de difficultés d'intégration de la part des faibles compreneurs. L'ensemble des résultats sera discuté à partir de l'approche incarnée de la cognition, nous permettant de proposer des pistes de réflexions, tant théorique que pratique, et d'application, pour la population étudiée.

# **PARTIE THEORIQUE**

# Chapitre 1 : Le profil des faibles compreneurs

## 1.1. Différents profils de lecteur

La lecture est une activité quotidienne qui, une fois acquise, semble simple en raison de son caractère automatique. En réalité, c'est une activité complexe qui implique de multiples processus, dont le décodage des mots par association graphème-phonème et l'accès au sens des mots en fonction du contexte. Le lecteur doit également créer une représentation mentale de la situation évoquée par le texte afin d'en comprendre le message (van Dijk & Kintsch, 1983), juger de sa qualité de compréhension, enclencher une stratégie de lecture si elle n'est pas satisfaisante, évaluer la pertinence du message transmis par le texte en fonction du contexte de lecture ... Ces mécanismes sont sous-tendus par différents processus cognitifs, chacun pouvant être une source potentielle de difficultés. En effet, si l'un de ces processus est moins efficient, le lecteur pourra avoir des difficultés à lire un texte de façon experte. Plusieurs profils de lecteur ont été définis en fonction de leurs habiletés dans les différentes compétences impliquées dans la lecture.

Dans sa célèbre approche *The Simple View of Reading*, Gough et ses collaborateurs identifient deux composantes principales de la lecture : la reconnaissance des mots écrits et la compréhension du texte lu (Gough & Tunmer, 1986; Hoover & Gough, 1990). Ces deux composantes sont nécessaires à la lecture mais aucune n'est suffisante seule. Par exemple, lors de l'apprentissage d'une langue étrangère, l'apprenant peut être en capacité de décoder les mots, c'est-à-dire d'associer le bon phonème au graphème, sans être capable d'accéder à la signification de ces mots. Ainsi savoir décoder les mots n'est pas lire. Le niveau de lecture ne correspond pas à une simple addition des capacités de reconnaissance des mots écrits et de compréhension, mais à une contribution multiplicative des deux. Cette approche, malgré sa simplicité, présente plusieurs avantages. Premièrement, elle donne un rôle central à la compréhension : l'objectif ultime de la lecture n'est pas le déchiffrement des mots, mais la compréhension du message transmis par le texte. Par conséquent, dans cette présente thèse, lorsque le terme *lecture* sera employé, il fera référence aux capacités de reconnaissances des mots écrits et de compréhension de textes. Deuxièmement, malgré leur influence réciproque, les deux composantes sont indépendantes. Les capacités de compréhension et de reconnaissance des mots écrits ne suivraient pas la même trajectoire développementale.

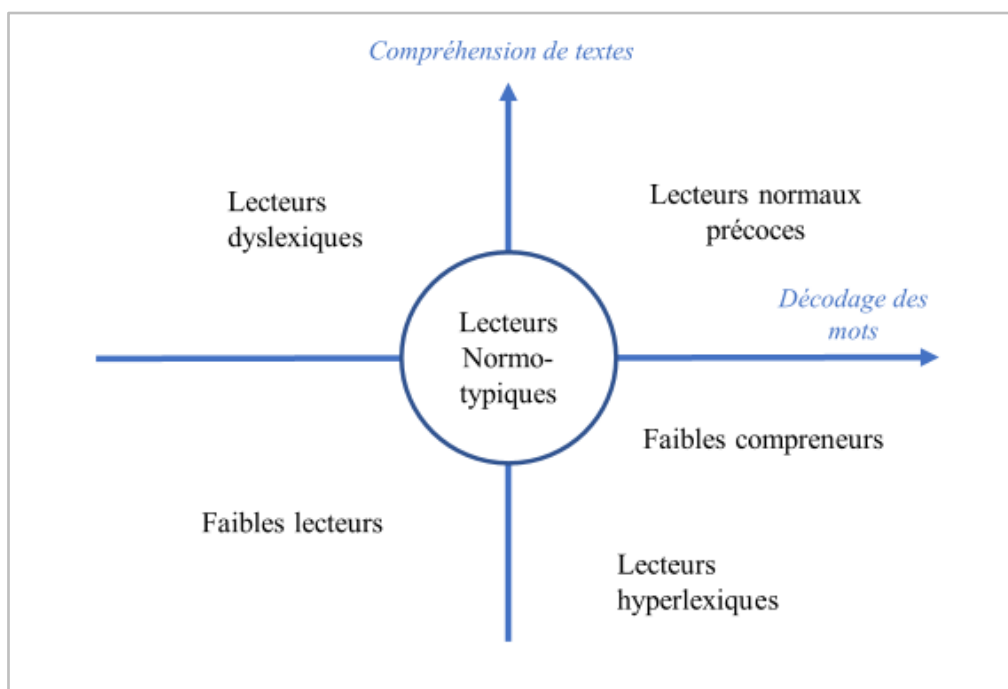
L'hypothèse de trajectoires développementales différentes a été testée par Kendeou et al. (2009). Pour ce faire, ils ont mesuré les performances de décodage et le niveau de langage oral d'une cohorte d'enfants âgés de 4 à 6 ans lors de la première phase d'étude, et de 6 à 8 ans lors de la deuxième phase d'étude. Le niveau du langage oral a été estimé d'après la mesure de la compréhension orale, la compréhension télévisée ainsi que le vocabulaire. Le niveau de décodage quant à lui a été évalué à l'aide de tâches d'identification de lettres, d'identification de mots et de précision phonologique. Les résultats montrent que les capacités au niveau du décodage et du langage oral se distinguent, et ce à 4-6 ans comme à 6-8 ans. Les performances quant au langage oral d'un enfant de 4-6 ans prédiront uniquement ses performances en langage oral deux ans plus tard, et les performances en reconnaissance des mots écrits prédiront uniquement les performances en reconnaissance deux ans plus tard. Les auteurs précisent également que les capacités de reconnaissance des mots et de langage oral sont des prédicteurs de la compréhension de textes. Cependant l'impact de la reconnaissance sur la compréhension diminue graduellement au cours du développement, tandis que l'impact des capacités langagières orales augmente. Pour conclure, la compréhension de textes résulte de plusieurs capacités primaires, chacune ayant sa propre trajectoire développementale. Les différentes trajectoires développementales peuvent être interconnectées et avoir une influence mutuelle l'une sur l'autre à des stades précoces (avant l'entrée à l'école) mais restent indépendantes.

En s'appuyant sur la conception de Gough et ses collaborateurs (Gough & Tunmer, 1986; Hoover & Gough, 1990), Nation (1999) a proposé une classification des profils de lecteurs selon leurs capacités de compréhension et de reconnaissance des mots écrits. Il est possible de représenter cinq profils de lecteur, comme illustré par la Figure 1. Dans cette figure, les différents profils de lecteurs sont représentés selon leur niveau de décodage (axe des ordonnées) et leur niveau de compréhension (axe des abscisses). Le premier profil, au centre de la figure, correspond aux lecteurs ayant des capacités normo-typiques dans le décodage des mots, ainsi qu'en compréhension de textes. Le deuxième profil de lecteurs appelés normaux précoces, situé en haut à droite, correspond aux lecteurs présentant des capacités précoces dans la compréhension de textes et dans le décodage des mots. Le profil opposé, illustré dans la case inférieure gauche, correspond aux faibles lecteurs, également appelés *garden variety*. Ces lecteurs présentent un niveau de décodage et un niveau de compréhension de textes inférieurs à ce qui est typiquement attendu pour leur âge. Ces trois premiers profils correspondent à des lecteurs présentant des capacités relativement homogènes sur les deux composantes. Il existe également des profils, que nous pouvons qualifier de dissociés car présentant des compétences

hétérogènes au niveau du décodage des mots et de la compréhension de phrases. Certains lecteurs, représentés dans la case supérieure gauche, sont appelés lecteurs dyslexiques : ils présentent des capacités de compréhension attendues pour leur âge mais avec des capacités de reconnaissance des mots écrits inférieures. Enfin, la case inférieure droite correspond aux lecteurs présentant le profil inverse. Deux profils différents de lecteurs se distinguent dans cette catégorie : les faibles compreneurs (nommés FC par la suite) et les hyperlexiques. Nation, en 1999, définit le profil des hyperlexiques comme étant des lecteurs présentant des difficultés cognitives, linguistiques et sociales, mais un développement précoce des capacités de reconnaissance des mots par rapport aux lecteurs normo-typiques. Les FC, quant à eux, sont des lecteurs présentant un déficit spécifique au niveau de la compréhension de textes mais sans difficultés pour reconnaître les mots écrits. C'est sur ce profil particulier de lecteurs que porte le travail présenté dans cette thèse.

### Figure 1

*Les différents profils de lecteurs selon leurs capacités de reconnaissance des mots écrits et de compréhension de textes.*



*Note.* Adapté de Nation (1999)

L'existence d'un profil de FC distinct des autres profils de lecteurs a été démontrée dans plusieurs études. Catts et al. (2006) ont mesuré les compétences phonologiques et les capacités de compréhension d'adolescents FC scolarisés en 4<sup>ème</sup>, à d'autres profils de lecteurs

(Expérience 1). Trois groupes de participants ont été constitués selon leurs capacités de reconnaissance de mots écrits et de compréhension de textes : 27 adolescents présentaient des difficultés dans la reconnaissance des mots mais avec une compréhension normo-typique (faibles décodeurs), 57 adolescents présentaient des difficultés uniquement dans la compréhension de textes (FC), et 98 adolescents contrôles avaient des capacités attendues pour leur âge dans les deux compétences. Les FC ont présenté des capacités normo-typiques au niveau des processus phonologiques, mais des difficultés de compréhension, et inversement pour les faibles décodeurs. Cette étude confirme expérimentalement que la reconnaissance des mots et la compréhension de textes sont deux composantes de la lecture reliées mais indépendantes. En effet si les deux composantes étaient dépendantes l'une de l'autre, il n'existerait pas de lecteurs présentant des difficultés spécifiques au niveau d'une composante unique.

L'existence d'un profil de FC se distinguant des autres a également été testée par Kelso et al. (2007). Trente enfants de primaire ont été sélectionnés parmi un groupe de 52 enfants ayant des difficultés de compréhension. Les auteurs ont regroupé ces 30 enfants selon leurs capacités de décodage de non-mots : 15 FC ayant un bon niveau de reconnaissance des mots, et 15 faibles lecteurs présentant des difficultés au niveau de la reconnaissance et de la compréhension. Les participants ont réalisé plusieurs tâches visant à mesurer leurs performances dans diverses capacités liées à la lecture. Pour mesurer la précision phonologique et les capacités de décodage, trois tâches ont été administrées : une tâche de segmentation de phonèmes, une de suppression de phonèmes et une de contrepèterie. Les capacités de compréhension orale ont été mesurées à l'aide de cinq tâches permettant de différencier la compréhension à différents niveaux : le mot, la phrase et le paragraphe. Les résultats montrent que les FC présentent des capacités phonologiques supérieures aux faibles lecteurs. En revanche, les capacités de compréhension au niveau du paragraphe des FC sont inférieures aux capacités des faibles lecteurs.

Une étude similaire menée en 2017 confirme l'idée qu'au sein des personnes présentant des difficultés de lecture, il existe différents profils (Kleinsz et al.). Parmi un groupe de 258 élèves de CE1, les auteurs ont sélectionné les 76 élèves de CE1 ayant les performances les plus basses en lecture. Trois profils de lecteurs ont ensuite émergé : 25 faibles décodeurs, 19 FC et 32 faibles lecteurs présentant une difficulté générale de lecture, c'est-à-dire des difficultés de compréhension et de décodage. Les performances cognitives des participants dans quatre



capacités liées à la lecture ont été mesurées : (1) la compréhension et la lecture de mots, mesurées par des tâches de reconnaissance de mots écrits, de compréhension orale et écrite ; (2) le décodage, mesuré par des tâches de décodage, de mesure des capacités phonologiques et de fluence de décodage ; (3) les capacités liées à la compréhension, mesurées par une tâche de vocabulaire, de contrôle de l'activité et de mémoire de travail (MDT) ; et (4) une tâche mesurant le raisonnement non-verbal des participants. Les auteurs ont comparé les performances des groupes pour les différentes tâches. Les FC présentent des performances supérieures aux deux autres profils pour les tâches de reconnaissance de mots, de décodage et de fluence de décodage. Cependant, le groupe des faibles décodeurs présente des performances supérieures aux FC et faibles lecteurs pour les tâches de compréhension orale, de vocabulaire et du contrôle de l'activité. Les auteurs inscrivent ainsi leurs résultats dans la lignée des travaux mettant en exergue l'existence de différents profils de lecteurs, dont les FC, présentant des difficultés dans diverses capacités liées à la lecture.

En résumé, l'approche *Simple View of Reading* (Gough & Tunmer, 1986; Hoover & Gough, 1990) a permis de conceptualiser et d'opérationnaliser une mesure de différents profils de lecteurs. Cette distinction est réalisée en fonction de deux composantes principales de la lecture : la reconnaissance des mots écrits et la compréhension de textes (cf. Figure 1). Plusieurs études confirment l'existence de profils de lecteurs différents, dont celui des FC sur lequel nous allons exclusivement nous concentrer tout au long de cette thèse. L'objectif de ce travail est d'approfondir les connaissances scientifiques sur les causes possibles des difficultés de compréhension des FC. La suite de ce chapitre sera ainsi consacrée à la présentation d'un ensemble de travaux portant sur les FC afin de tenter d'en dresser le profil cognitif. Nous allons nous intéresser à diverses capacités impliquées dans la lecture, certaines intervenant plus spécifiquement au niveau de la reconnaissance des mots écrits, dont les connaissances linguistiques ; alors que d'autres interviennent plus particulièrement au niveau de la compréhension. Trois facteurs principaux pouvant influencer le niveau de compréhension du lecteur ont été identifiés : la sensibilité à la structure du texte, le contrôle de l'activité (en anglais : *comprehension monitoring*) et la production d'inférences (Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). Aussi, dans la suite de ce chapitre, nous présentons les travaux qui se sont intéressés à ces différentes compétences impliquées dans la lecture, que nous avons regroupées en quatre principales thématiques : (1) les connaissances linguistiques ; (2) la sensibilité à la structure du texte ; (3) le contrôle de l'activité et (4) la production d'inférences.

## **1.2. Faibles compreneurs et difficultés au niveau des processus impliqués dans la reconnaissance des mots écrits**

Perfetti (2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) s'est intéressé à l'importance de la reconnaissance des mots écrits pour la lecture et pour la compréhension. Il a développé l'hypothèse de la qualité lexicale (*Lexical Quality Hypothesis*) qui fait référence à l'étendue des connaissances du lecteur sur un mot, comprenant sa forme, sa prononciation, son sens isolé et son sens combiné avec d'autres mots dans une phrase. Ainsi, d'après Perfetti, la connaissance lexicale correspond à l'ensemble des connaissances sémantiques, orthographiques et phonologiques que possède l'individu sur un mot. Une bonne représentation lexicale contient ces différentes connaissances intégrées les unes avec les autres. La qualité lexicale déterminerait la fluence et la reconnaissance des mots : plus la qualité lexicale d'un mot est élevée, plus sa reconnaissance est précise et rapide (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002). Pour reconnaître un mot, le lecteur s'appuie donc sur ses connaissances lexicales. Toutefois, ces différents processus linguistiques, fonctionnant au niveau du mot, ont également un impact sur le contrôle de l'activité et la production d'inférences, qui sont des capacités essentielles à la compréhension de textes (Perfetti & Stafura, 2014). En effet, la qualité lexicale influence la lecture à plusieurs niveaux : l'apprentissage du sens d'un nouveau mot, la résistance des lecteurs à produire des confusions lors de la reconnaissance des mots, la stabilité de la représentation de la forme, et la récupération du sens des mots appris, qu'ils soient isolés ou dans une phrase.

En plus de montrer l'importance des capacités lexicales au niveau de la reconnaissance des mots, les travaux de Perfetti (2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) mettent en avant le rôle central de ces capacités au niveau de la compréhension. Un lecteur ne présentant pas les compétences lexicales nécessaires aura des difficultés pour comprendre le message induit par le texte. Ainsi l'hypothèse de la qualité lexicale soulève la question des compétences lexicales des FC. Ces derniers ne présentant pas de difficultés au niveau de la reconnaissance des mots, aucune difficulté au niveau des capacités orthographiques n'est attendue. Les études expérimentales confirment en effet que les FC présentent des capacités orthographiques identiques aux bons compreneurs – nommés BC par la suite (e.g. Ricketts et al., 2008; Tong et al., 2011). Cependant, des hypothèses sur l'existence de faiblesses phonologiques et sémantiques ont été développées. Une difficulté sur l'une de ces capacités pourrait expliquer, au moins en partie, les difficultés des FC.

### 1.2.1. Les compétences phonologiques et sémantiques des FC

L'idée de difficultés phonologiques impactant la compréhension de textes a été développée par Shankweiler (1989). L'hypothèse du *processing limitation* affirme que les difficultés des FC et des faibles lecteurs proviennent de processus phonologiques limités. Cette hypothèse s'appuie sur des études expérimentales, dont celle de Mann et collaborateurs (1980). Ces derniers ont testé la capacité d'enfants à rappeler des phrases présentées oralement et manipulées selon deux variables : (1) la signification, et (2) la confusion phonétique (i.e. si les mots rimaient). Les résultats montrent un effet principal de la signification : les enfants commettent plus d'erreurs de rappel lorsque les phrases n'ont pas de sens (e.g. *Sometimes at lunch, Mary is thick to show first socks with grass and fish*). Aucun effet d'interaction entre la signification et le niveau de compréhension n'a en revanche été révélé. Concernant la manipulation de la confusion phonétique, les participants commettent plus d'erreurs lorsque les mots de la phrase riment (e.g. *Tuesday at three Lucy is free to see TV with Dee and Lee*). Cette différence de performances entre les phrases dont les mots riment et celles dont les mots ne riment pas a été plus importante pour les BC, révélant que les FC sont moins sensibles à cette manipulation. Pour les auteurs, cette différence illustre les limites phonologiques des FC. Ainsi, les difficultés de compréhension pourraient être la conséquence de difficultés phonologiques (Smith et al., 1989).

L'hypothèse arguant que les capacités phonologiques des FC sont limitées a toutefois été remise en question par plusieurs auteurs. La limite principale des travaux de Shankweiler serait une confusion au niveau des participants. Plus précisément, ces derniers seraient des faibles lecteurs présentant des difficultés de compréhension et de décodage, et non des FC. Pour résoudre cette confusion, Cain et ses collaborateurs (2000) ont mesuré les capacités phonologiques de participants présentant de bonnes capacités de décodage. En contrôlant le niveau de décodage des participants, les auteurs révèlent que les difficultés mesurées par Shankweiler et ses collaborateurs sont médiatisées par la capacité de décodage des mots. Ainsi, les difficultés phonologiques révélées dans les études réalisées par Shankweiler et ses collaborateurs seraient uniquement observées chez les lecteurs présentant des difficultés au niveau de la reconnaissance des mots écrits. Des résultats similaires ont été obtenus par Nation et al. (2004). Les auteurs ont mesuré plusieurs compétences impliquées dans la lecture auprès de 23 enfants contrôle et 25 enfants FC scolarisés en CE2 et CM1, à savoir les capacités phonologiques, sémantiques, et morphosyntaxiques, ainsi que des compétences linguistiques plus larges non rapportées ici. Les FC de cette étude montrent des performances plus faibles au

niveau des différentes compétences que les enfants du groupe contrôle, excepté pour les compétences phonologiques qui sont similaires.

Stothard et Hulme (1995) ont également mesuré les capacités phonologiques d'enfants présentant des difficultés de compréhension (Expérience 1), et d'enfants présentant des difficultés de décodage (Expérience 2). Dans leur Expérience 1, les auteurs ont comparé les performances de 14 FC, de 14 enfants ayant le même âge chronologique et de 14 enfants plus jeunes ayant le même niveau de compréhension que les FC. Les participants réalisaient une tâche de contrepèterie, une tâche de lecture de non-mots et une tâche mesurant leur capacité à épeler les mots. Les FC présentent des capacités similaires au groupe des enfants ayant le même âge chronologique, et ce pour les trois tâches. Dans leur seconde expérience, 14 enfants présentant des difficultés de décodage et 14 enfants plus jeunes ayant les mêmes performances de lecture ont réalisé les mêmes tâches. Les résultats montrent que les faibles décodeurs ont des performances inférieures aux enfants plus jeunes pour la tâche de contrepèterie et la tâche d'épellation de mots. Pour la tâche de lecture de non-mots, les deux groupes obtiennent des performances similaires. Sur la base des résultats des deux expériences, les auteurs concluent que les enfants ayant des difficultés de compréhension de textes possèdent des capacités phonologiques normo-typiques pour leur âge. Seuls les enfants présentant des difficultés de décodage ont des capacités phonologiques inférieures à ce qui est attendu pour leur âge. L'ensemble des études infirment ainsi l'hypothèse de difficultés phonologiques comme cause explicative des difficultés de compréhension des FC. En résumé, les capacités orthographiques et phonologiques semblent intactes chez les FC.

Concernant les capacités sémantiques, plusieurs études révèlent en revanche qu'elles seraient limitées chez ce profil de lecteur. Par exemple, Nation et Snowling (1998, 1999) ont mesuré les capacités phonologiques et sémantiques d'enfants BC et FC. Dans l'Expérience 1 (1998), les participants âgés de 8 à 9 ans ont réalisé des tâches de jugement de synonymes et de rimes. Les FC commettent plus d'erreurs que les BC pour la tâche de jugement de synonymes. De plus, les résultats révèlent que l'écart entre les deux groupes est plus important pour les paires de mots peu imaginables (e.g. *Fast – Quick*) que pour celles imaginables. Cependant, concernant la tâche de jugement de rimes, les FC et les BC présentent des performances identiques. Ces données semblent montrer que les FC présentent des difficultés au niveau des capacités sémantiques (jugement de synonymes), alors qu'ils ont des capacités phonologiques intactes (jugement de rimes). Afin de confirmer leurs résultats et d'étudier plus précisément la

récupération d'informations phonologiques et sémantiques en mémoire, les auteurs ont testé la fluence verbale des participants dans l'Expérience 2. Deux tâches ont été administrées : une de production de rimes où les participants devaient donner le plus de mots rimant avec un mot donné, et une de production sémantique, où ils devaient donner le plus d'exemplaires possibles d'une catégorie. Les analyses révèlent que les FC produisent significativement moins de mots pour la tâche de production sémantique que les BC, ce qui n'est pas le cas dans la tâche de production de rimes. Enfin, dans leur Expérience 3, les auteurs ont testé la capacité de reconnaissance des mots écrits des FC. Les auteurs s'appuient sur l'approche de Plaut et al. (1996) considérant que la reconnaissance des mots s'appuie sur les connaissances phonologiques mais également sur les connaissances sémantiques du lecteur. Ces dernières sont particulièrement sollicitées pour les mots peu fréquents et/ou irréguliers (e.g. monsieur, oignon). Les FC présentant des capacités orthographiques et phonologiques adéquates, les auteurs supposent que, s'ils ont des capacités sémantiques faibles, ils devraient présenter des performances inférieures aux BC pour reconnaître les mots irréguliers peu fréquents uniquement. En effet, ces derniers sont ceux où les connaissances sémantiques sont les plus impliquées dans la reconnaissance. Ainsi quatre catégories de mots ont été construites selon leur fréquence et leur régularité : (1) régulier/haute fréquence (e.g. *mouth, dark*), (2) régulier/basse fréquence (e.g. *mince, ditch*), (3) irrégulier/haute fréquence (e.g. *month, door*), et (4) irrégulier/basse fréquence (e.g. *mould, dread*). Comme attendu par les auteurs, les FC ont présenté plus de difficultés que les BC pour décoder les mots peu fréquents et irréguliers, confirmant l'hypothèse de difficultés sémantiques de la part de ce profil de lecteurs. Dans son ensemble, l'étude de Nation et Snowling (1998) révèle l'existence de capacités sémantiques limitées chez les FC, faiblesse qui se manifeste particulièrement lors du traitement des concepts abstraits.

L'étude de 1999 des auteurs visait à approfondir les résultats obtenus, en comparant les performances d'enfants BC et FC lors d'une tâche d'amorçage sémantique. Les auteurs ont manipulé la force ainsi que le type d'association entre les mots créant quatre catégories d'items : (1) fortement associés selon leur catégorie (e.g. Chat – Chien) ; (2) fortement associés selon leur fonction (e.g. Plage – Sable) ; (3) faiblement associés selon leur catégorie (e.g. Violon – Guitare) ; et (4) faiblement associés selon leur fonction (e.g. Hôpital – Médecin). Lorsque les mots sont reliés par leur fonction, les FC présentent des effets d'amorçage identiques aux BC. Pour les items liés par la catégorie, seuls les mots fortement associés entraînent un effet d'amorçage de la part des FC. Les auteurs interprètent ces résultats comme suit : la force

d'association dépendant de la co-occurrence des deux mots dans la vraie vie, les résultats montrent que la sensibilité sémantique de la part des FC dépend de leurs expériences. Si deux concepts renvoient à plusieurs expériences communes vécues, alors l'activation du premier concept entraînera l'activation du second. Néanmoins, si les deux concepts ne renvoient pas à des expériences où leurs référents sont présents conjointement (e.g. Violon – Guitare), alors l'activation du premier concept n'active pas nécessairement le deuxième. Ainsi, l'accès aux connaissances sémantiques serait moins efficient et demanderait plus de ressources cognitives chez les FC. Selon les auteurs, les deux études convergent vers l'hypothèse selon laquelle les FC présentent une difficulté sémantique générale et non spécifique à l'activité de lecture. Les FC seraient sensibles uniquement aux relations sémantiques de concepts associés dans la vie réelle, et moins sensibles à ces relations lorsque les concepts sont reliés d'une manière plus abstraite, comme entre deux membres d'une catégorie sémantique. Les auteurs expliquent que cette faible sensibilité peut entraver l'accès sémantique : les FC ont des difficultés pour accéder aux connaissances catégorielles sur la base des similarités sémantiques.

La sensibilité sémantique des FC a également été mesurée par Weekes et al. (2008). Les auteurs ont réalisé une étude adaptée d'une tâche de DRM (d'après le nom des auteurs Deese, 1959; Roediger & McDermott, 1995) auprès d'enfants BC et FC âgés de 9 à 11 ans. Lors de la première phase expérimentale, les participants ont entendu des listes de six mots qu'ils devaient rappeler librement sur une feuille à la fin de chaque liste. Tous les mots de la liste étaient reliés à un mot critique, par exemple les mots *cartable* / *camarade* / *table* / *mathématiques* / *recréation* / *leçon* sont tous reliés au mot critique *école*. Les mots pouvaient être reliés sémantiquement ou phonologiquement au sein d'une liste. Lors de la deuxième phase, les sujets ont réalisé une tâche de reconnaissance contenant des mots présentés lors de la première phase, des mots nouveaux et le mot critique. Classiquement lors d'une tâche de DRM, les participants commettent de fausses reconnaissances des mots critiques. En effet, chaque mot de la liste active en mémoire le mot critique qui est alors fortement activé. Pour les listes reliées phonologiquement, les FC et BC présentent des patterns de réponses similaires. Cependant, les résultats pour les listes reliées sémantiquement révèlent que les FC réalisent moins de fausses reconnaissances que les BC, suggérant ainsi une organisation sémantique différente de la part des FC.

L'ensemble de ces travaux convergent vers l'idée que les FC ont des capacités phonologiques intactes, mais des difficultés au niveau des capacités sémantiques (voir aussi

Catts et al., 2006; Colenbrander et al., 2016; Kelso et al., 2007; Kleinsz et al., 2017). En accord avec l'hypothèse de la qualité lexicale (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) les difficultés de compréhension de textes des FC pourraient ainsi provenir de capacités sémantiques limitées. Cette idée soulève cependant une question : cette faiblesse sémantique est-elle la conséquence d'un nombre de mots moins connus ou d'un accès au sens des mots plus difficiles ? Pour répondre à cette question, plusieurs études ont testé le lien entre le niveau de vocabulaire et le niveau de compréhension.

### **1.2.2. L'influence du vocabulaire sur la capacité de compréhension**

Oakhill et al. (2003) ont mesuré différentes capacités liées à la lecture auprès de 102 enfants. Cette étude longitudinale teste la relation entre ces capacités et le niveau de compréhension des participants. En s'appuyant sur des analyses de régressions multiples, les auteurs concluent que le QI verbal et le vocabulaire sont des facteurs influençant fortement la compréhension de textes. Naturellement, connaître les mots du texte est important pour pouvoir comprendre ce qui est lu, le lecteur a besoin de connaître 90% des mots de la phrase pour la comprendre (Nagy & Scott, 2000). Cependant, la notion de vocabulaire étant large, elle peut faire référence à plusieurs aspects. Une définition courante du vocabulaire est qu'il correspond au nombre de mots connus par un individu. Cependant, derrière la notion de vocabulaire deux dimensions se distinguent : l'étendue et la profondeur. L'étendue du vocabulaire correspond à ce qui est classiquement nommé vocabulaire, à savoir la taille du lexique que possède un individu (Ouellette, 2006; Tannenbaum et al., 2006). La profondeur de vocabulaire, quant à elle, correspond à « *la richesse de connaissances que possède un individu sur les mots qu'il connaît* » (Traduit de Tannenbaum et al., 2006, p. 383). La profondeur correspond ainsi aux connaissances conceptuelles que l'individu possède par rapport à un mot, faisant plutôt référence à la qualité du vocabulaire.

L'impact des deux dimensions du vocabulaire sur la capacité à produire des inférences a été étudiée par Cain et Oakhill (2014; Oakhill et al., 2015). Les auteurs ont mesuré les capacités de lecture, dont la reconnaissance des mots écrits, la compréhension, le niveau de profondeur et l'étendue du vocabulaire, ainsi que la capacité des participants à produire des inférences. Cette dernière compétence est en effet essentielle et centrale dans la compréhension de textes (e.g. Graesser et al., 1994; McKoon & Ratcliff, 1992). L'objectif des deux études était d'évaluer l'influence des deux dimensions du vocabulaire sur la compréhension littérale et la capacité à produire des inférences de cohérence locale et globale. Les auteurs ont en effet distingué (1) les

inférences de cohérence locale, permettant de relier les informations du texte en cours de traitement avec les informations précédentes adjacentes ; (2) de celles de cohérence globale, permettant de construire des connections entre les informations en cours de traitement et des informations précédentes du texte qui ne sont plus activées en MDT. Dans l'ensemble, les analyses montrent que la profondeur de vocabulaire est un facteur prédictif de la compréhension plus important que l'étendue, et particulièrement pour la production d'inférences de cohérence globale. Sachant que les FC présentent des difficultés à produire des inférences, l'hypothèse d'une profondeur de vocabulaire limitée comme cause explicative des difficultés des FC a été émise. D'après les auteurs, les FC ont une étendue de vocabulaire similaire aux BC, mais des liens entre les concepts en mémoire moins développés (i.e. profondeur de vocabulaire).

L'acquisition de nouveaux mots de vocabulaire selon le niveau de compréhension a été testée par Ricketts et al. (2008). Les auteurs ont fait apprendre des non-mots à des enfants de 9-10 ans, FC et BC, lors de plusieurs séances. Deux variables ont été manipulées : la prononciation, qui était cohérente ou incohérente avec les règles de conversion graphèmes-phonèmes de la langue, ainsi que les indices donnés sur le sens des non-mots. Lors de deux sessions les participants ont lu un texte contenant les non-mots appris. Pour la moitié, le sens précis des non-mots pouvait être inféré à l'aide des indices contextuels, alors que pour l'autre moitié, seule une information générale sur le sens du mot pouvait être inférée. À la fin des sessions, l'apprentissage orthographique et sémantique a été mesuré. Concernant l'orthographe des non-mots, les BC et les FC présentent des connaissances similaires. Pour l'apprentissage sémantique, les analyses montrent des performances inférieures de la part des FC. Cette étude révèle ainsi que les FC sont moins bons pour inférer le sens des mots à partir du contexte. Les résultats obtenus sont cohérents avec l'hypothèse d'une difficulté au niveau de la profondeur de vocabulaire des FC. En effet, ils arrivent à reconnaître le mot écrit mais ont une représentation moins riche de sa signification.

En résumé, les études réalisées sur les processus impliqués dans la reconnaissance des mots écrits des FC convergent vers un même constat : les FC ont des capacités orthographiques et phonologiques intactes mais des difficultés au niveau des capacités sémantiques. Cette difficulté sémantique résiderait plutôt au niveau de la profondeur du vocabulaire et non au niveau de son étendue. Dit autrement, les FC connaîtraient autant de mots que les BC mais leurs connaissances sur ces mots seraient moins riches. Les difficultés de compréhension des FC peuvent ainsi provenir de difficultés au niveau des processus impliqués dans la reconnaissance



des mots écrits, en accord avec l'hypothèse de la qualité lexicale. Cependant, comme présenté dans la section 1.1 de ce chapitre, d'autres facteurs impactent le niveau de compréhension. Les principaux sont la sensibilité à la structure du texte, le contrôle de l'activité et la production d'inférences (Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). Nous allons, dans la suite de ce chapitre, présenter une partie des travaux mesurant le niveau de compétences des FC pour ces différentes capacités.

### **1.3. Faibles compreneurs et difficultés au niveau des processus impliqués dans la compréhension de textes**

#### **1.3.1. La sensibilité à la structure du texte**

Le premier des trois facteurs impactant la compréhension d'un texte est la sensibilité à la structure de ce dernier (Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). Selon la structure, les attentes du lecteur sont différentes. Par exemple, un article de journal ou un roman ne répondent pas aux mêmes codes d'écriture. Les contes pour enfant commencent très souvent par « Il était une fois ... », ils sont composés de multiples chapitres développant différentes péripéties vécues par le héros, et ils se terminent par un dénouement heureux schématisé par le célèbre « Ils vécurent heureux et eurent beaucoup d'enfants ». Cette structure n'est pas attendue lors de la lecture d'un article de journal quotidien, et pourrait même entraîner une méfiance de la part du lecteur quant à la véracité de l'information décrite. Quand le lecteur prend conscience des différents indices permettant d'identifier la structure du texte, l'activation des informations nécessaires à la construction de la représentation évoquée par le texte est facilitée. Dans ce contexte, Perfetti (1994) propose que l'une des causes possibles des difficultés de compréhension d'un texte provient de connaissances inadaptées aux structures : le lecteur n'identifie pas correctement la structure du texte, il ne peut pas s'appuyer sur ses attentes pour activer plus rapidement et facilement les connaissances adéquates qui permettent la compréhension du texte.

Paris et ses collaborateurs ont testé l'hypothèse du développement de la sensibilité à la structure du texte avec l'expérience de la lecture (Myers & Paris, 1978; Paris & Jacobs, 1984). Myers et Paris (1978) ont questionné des enfants âgés de 8 à 12 ans sur leurs stratégies de lecture. Les plus jeunes utilisent globalement moins de stratégies pour comprendre un texte que les enfants plus âgés, et ils sont moins efficaces pour coordonner différentes stratégies en

fonction des buts de lecture. Dans leur étude de 1984, Paris et Jacobs ont testé le lien entre la capacité à comprendre un texte et la conscience du lecteur sur les buts de lecture et la structure du texte. Les analyses ont révélé une corrélation positive entre les deux mesures : plus le lecteur a conscience des buts de lecture et de la structure du texte, meilleure est sa compréhension. Ils ont interprété leurs résultats comme une mise en évidence de l'importance de la conscience et de la connaissance de la structure du texte dans l'acquisition et le développement de stratégies de lecture. Ainsi, lors de l'apprentissage de la lecture, il est important que le lecteur acquière des connaissances sur la structure du texte qui lui permettent de développer ses stratégies de lecture et les adapter au texte.

Les connaissances sur la structure du texte ont également été mesurées par Cain et Oakhill (1996). Les auteurs ont testé la capacité d'enfants de 7-8 ans à raconter des histoires structurées selon leur niveau de compréhension. Elles ont constitué trois groupes d'enfants afin de comparer les performances d'un groupe de FC, avec des enfants appariés en âge (groupe des BC) et des enfants ayant le même niveau de compréhension que les FC (groupe d'enfants plus jeunes). Les participants ont raconté des histoires à partir d'un titre ou d'une séquence d'images. Dans l'ensemble, les enfants ont plus de facilités à produire des histoires structurées à partir d'une séquence d'images qu'à partir d'un titre seul. La comparaison des performances des trois groupes montre qu'en condition de titre seul, les FC produisent des histoires moins structurées que les BC et que les enfants plus jeunes. Les performances des FC se révèlent en revanche similaires à celles des enfants plus jeunes pour la condition séquence d'images. Ces résultats montrent que l'aide apportée par la séquence d'images est plus importante pour les FC que pour les autres groupes. Il est à noter que le titre présenté dans cette étude était composé d'un mot ou d'une proposition, alors que la séquence d'images était composée de six images différentes donnant des indices sur les liens de causalité entre les différents événements à décrire. Ainsi, le fait que les enfants produisent des histoires moins structurées pour la condition titre que pour la condition séquence d'images pourrait être la conséquence d'une quantité moins importante d'informations données. Pour remédier à cette limite, Cain (2003) a répliqué l'étude en y ajoutant une troisième condition expérimentale : un « titre dirigé » était donné accompagné d'une information supplémentaire sur la direction de l'histoire (e.g. « *How the pirates lost their treasure* »). La quantité d'information donnée dans cette condition était donc ici similaire à celle donnée par la séquence d'images. Les résultats reproduisent ceux de 1996. Dans l'ensemble, les enfants produisent des histoires moins structurées pour la condition titre que pour les conditions titre dirigé et séquence d'images ; et les FC produisent des histoires moins

structurées que les enfants BC ou les enfants plus jeunes lorsque le titre seul est donné. Pour les conditions séquences d'images et titre dirigé, les FC proposent des histoires moins structurées que les BC, mais d'un niveau de structure similaire à celui proposé par les enfants plus jeunes.

Les résultats des deux études expérimentales sont en accord avec l'hypothèse de Perfetti (1994), à savoir qu'une source possible des difficultés de compréhension de textes pourrait provenir de connaissances inadaptées sur la structure du texte. D'après Cain (2003), les différences de performances entre les FC et le groupe des enfants plus jeunes ayant le même niveau de compréhension démontrent que la capacité à produire une histoire cohérente et structurée n'est pas seulement due au niveau de compréhension. Les performances plus basses des FC suggèrent que les connaissances sur la structure du texte peuvent affecter les capacités à construire une représentation cohérente d'une histoire et peuvent donc influencer la compréhension comme la production de textes. En conclusion, les FC semblent plutôt avoir une sensibilité à la structure du texte qui diffère de celle des autres lecteurs, gênant l'activation des connaissances sur la structure du texte lors de la lecture, interférant avec la compréhension de textes.

### **1.3.2. Le contrôle de l'activité**

Le deuxième facteur principal impactant la compréhension des textes est le contrôle de l'activité. Ce facteur s'appuie sur un ensemble de mécanismes et de processus cognitifs permettant au lecteur d'évaluer son niveau de compréhension du texte, et dans le cas d'une compréhension insuffisante, d'enclencher des stratégies afin de remédier à cette mauvaise compréhension (e.g. Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). Cette capacité s'appuie sur plusieurs compétences, non spécifiques à la lecture, comme les capacités de la mémoire de travail (MDT), la métacognition et les fonctions exécutives. Plusieurs recherches ont étudié le lien entre le contrôle de l'activité et le niveau de compréhension des enfants. Par exemple, Eme et Rouet (2001) ont réalisé une étude mesurant les trois dimensions du contrôle de l'activité identifiées par Paris et Jacobs (1984) : les connaissances méta-textuelles, la planification et la régulation des enfants. Le but de l'Expérience 1 était de mesurer les méta-connaissances d'enfants âgés de 9 à 11 ans selon le niveau de compréhension. Les 84 enfants interrogés lors d'un entretien individuel ont présenté des connaissances élémentaires sur ces trois dimensions : des connaissances méta-textuelles sur la structure mais moindres sur les aspects fonctionnels du texte ; des connaissances sur les objectifs généraux liés à la lecture d'un texte mais peu de

connaissances sur les stratégies à adopter ; et des connaissances très générales et élémentaires par rapport à la régulation de la compréhension. La comparaison des performances selon le niveau de compréhension montre que les FC ont des performances plus basses que les BC pour les trois dimensions. Selon les auteurs, quatre résultats majeurs sont à retenir : (1) les FC sont moins performants pour évaluer leurs difficultés et estiment leur niveau de compréhension comme aussi élevé que les BC ; (2) ils possèdent moins de connaissances sur les caractéristiques des textes et particulièrement sur la manière de les utiliser ; (3) les FC sont moins conscients de la nécessité du contrôle de l'activité ; et enfin (4) ils ont peu de connaissances sur les stratégies à adopter pour atteindre les objectifs de lecture. Les auteurs ont interprété les résultats comme mettant en évidence que les FC présentent des difficultés, non pas spécifiques à une dimension liée à la lecture, mais plus généralement au niveau de leurs connaissances métacognitives.

La relation entre les méta-connaissances sur la lecture et le niveau de compréhension a également été testée par Cain (1999). Plus précisément, cette dernière a mesuré l'impact des connaissances sur les buts de lecture et sur les processus impliqués dans la lecture, ainsi que l'habileté des BC et FC à appliquer leurs connaissances en situation de lecture. Des enfants âgés de 7 à 8 ans, BC et FC, et des enfants plus jeunes ayant le même niveau de compréhension que les FC ont pris part à la première étude. Ils ont dû choisir parmi deux lecteurs fictifs, celui qu'il est préférable d'être : celui qui sait lire beaucoup de longs mots versus celui qui comprend les mots. La majorité des BC (71%) et des enfants plus jeunes (52%) ont choisi le lecteur qui comprend les mots, quand seule une minorité de 34.5% de FC a fait ce choix. Dans l'Expérience 2, Cain a proposé une tâche de lecture sous quatre consignes : (1) Titre : lire dans l'objectif de donner un titre au texte lu ; (2) Fun : lire dans l'objectif d'évaluer si le texte peut plaire à ses camarades de classe ; (3) Parcourir : lire le plus rapidement possible afin de trouver la réponse à une question précise ; ou (4) Étude : lire dans l'objectif de répondre à des questions de compréhension à l'issue de la lecture. Les BC et les enfants plus jeunes répondent mieux aux questions en consigne d'Étude qu'en consigne de Parcourir, différence qui n'est pas observée chez les FC. Le même pattern de réponses est obtenu sur la vitesse de lecture pour ces deux consignes. D'après Cain, ces résultats montrent que les FC n'adaptent pas leur stratégie en fonction de l'objectif de lecture, suggérant que cette capacité est un facteur explicatif des difficultés qu'ils rencontrent lors du traitement d'un texte.

Paris et Myers (1981), ont également comparé les performances d'enfants de CM1 sur trois dimensions du contrôle de l'activité que sont l'évaluation, la planification et la régulation.

Dans leur première expérience, quatre mesures différentes ont été réalisées, dont deux concernent le contrôle de l'activité : le contrôle spontané de l'activité, mesuré par le nombre de répétitions, d'hésitations, et d'auto-corrections réalisés par les enfants durant la lecture à haute voix ; et une mesure plus dirigée, où les enfants devaient souligner tous les mots ou phrases non compris. Les auteurs ont mesuré le niveau de compréhension des participants afin de comparer leurs performances. Les analyses réalisées révèlent que les FC s'engagent moins dans des activités de contrôle que les BC, alors même qu'ils identifient autant de mots considérés comme problématiques. Afin d'approfondir les résultats obtenus, l'Expérience 2 a mesuré de façon plus précise les stratégies utilisées lorsque le sens des mots est difficilement accessible. Les BC mettent ici spontanément plus de stratégies en place que les FC. Ces derniers sont moins conscients des stratégies inadaptées pouvant influencer la compréhension et la mémorisation de l'histoire que les BC. Enfin, les FC rappellent moins d'informations sur l'histoire que les BC. Selon les auteurs, les performances plus basses des FC au niveau du contrôle de l'activité, peuvent être la conséquence d'objectifs de lecture différents de ceux des BC.

Oakhill et al. (2005) ont mis en lumière une limite à l'étude de Paris et Myers (1981) : les enfants considérés comme FC présentent un score global de lecture plus faible que les BC. Le matériel utilisé dans l'étude a pu entraîner une difficulté plus importante pour les participants de ce groupe. Oakhill et ses collaborateurs ont repris la procédure de Paris et Myers (1981) auprès d'enfants de 9 et 10 ans, en s'assurant que les BC et les FC avaient des capacités de reconnaissance des mots écrits attendues pour leur âge (Expérience 1). Les résultats obtenus diffèrent de ceux préalablement observés puisqu'aucune différence n'est observée pour la mesure du contrôle de l'activité spontané. Cependant, les FC surlignent une proportion de phrases anormales moins importante que les BC. Les auteurs ont proposé que cette différence de performances reflète le fait que les FC présentent des difficultés au niveau de la phrase et non du mot isolé. C'est le sens des différents mots combinés dans la phrase qui serait difficile à comprendre. En plus des mesures incluses dans la première étude, les auteurs ont mesuré les capacités de MDT afin d'étudier la relation entre ces capacités et la capacité de détection d'anomalies (contrôle dirigée de l'activité). Les analyses révèlent que plus les capacités de MDT sont importantes, plus les enfants détectent de phrases anormales. Sur la base de cette corrélation, les auteurs ont proposé une hypothèse alternative pour expliquer les difficultés des FC. Ces dernières pourraient être la conséquence de capacités de MDT plus faibles plutôt qu'une difficulté à adapter ses objectifs de lecture. Afin de tester cette hypothèse, les mêmes participants ont réalisé une tâche de détection d'incohérences (Expérience 2). La distance

textuelle entre les informations contradictoires a été manipulée, créant deux conditions expérimentales : adjacente ou distante. Les résultats montrent que les FC ont des difficultés à détecter les incohérences pour la condition distante. Des informations distantes demandent plus de ressources en MDT pour être détectées, les auteurs concluent que les FC présentent bien des capacités limitées au niveau de la MDT.

Ces quatre études ont identifié des facteurs explicatifs du profil des FC différents, mais toutes convergent vers l'idée que le contrôle de l'activité serait moins efficace chez les FC en comparaison des BC. Pour aller plus loin, Kleinsz et al. (2017) ont réalisé une étude auprès d'enfants de CE1. Ils ont comparé les capacités de contrôle de l'activité de FC et d'enfants présentant un déficit généralisé de la lecture. Les auteurs ont cette fois mesuré d'autres compétences liées à la lecture : la reconnaissance des mots écrits, la compréhension orale et écrite, la précision et la fluence de décodage, les capacités phonologiques, le vocabulaire, les capacités de MDT, le raisonnement non-verbal et le contrôle de l'activité. Les résultats obtenus montrent que les FC présentent plus de difficultés dans le contrôle de la compréhension que les enfants ayant un déficit généralisé de la lecture. Ainsi, il semble que les FC présentent des difficultés pour contrôler leur activité au cours de la lecture. Il n'existe cependant pas de consensus sur la cause explicative de ces difficultés. Toutefois, le contrôle de l'activité met en jeu différentes capacités, dont les fonctions exécutives, impliquant elles-mêmes un ensemble de processus cognitifs. Nous allons dans la partie suivante, nous intéresser particulièrement aux fonctions exécutives chez les FC.

### ***1.3.2.1. Les fonctions exécutives***

Les fonctions exécutives sont impliquées dans une multitude d'activités cognitives. Elles regroupent un nombre important de processus et sont définies différemment en fonction des conceptions et domaines de recherche. Une définition ayant l'avantage de la simplicité et de la globalité est qu'elles sont un ensemble de processus cognitifs de haut niveau qui aident l'individu à émettre un comportement adapté au contexte dans lequel il se trouve. Par exemple, ces processus permettent de porter attention à, de se concentrer sur, de planifier différentes actions, ou encore d'inhiber une réponse qui ne serait pas actuellement appropriée au contexte (Pennington & Ozonoff, 1996). Miyake et al. (2000) regroupent trois principales fonctions exécutives partagées dans la littérature : la flexibilité mentale, le contrôle inhibiteur et la MDT. Diamond en 2013 a développé le rôle précis de chaque fonction. La flexibilité mentale permet, entre autres, de changer les perspectives spatiales ou interpersonnelles (e.g.

changer son point de vue pour celui de quelqu'un d'autre), de changer de manière de penser sur un sujet (e.g. dans une situation de résolution de problème, si la stratégie ne fonctionne pas, il faut parfois changer sa vision du problème pour pouvoir le résoudre), ou encore de changer de priorités en fonction de l'évolution de la situation. Ces différents exemples soulignent la nécessité pour le système cognitif d'être à la fois flexible et créatif permettant à l'individu d'adapter son comportement à toutes situations. Le deuxième ensemble des fonctions exécutives est regroupé sous le concept d'inhibition. Le contrôle inhibiteur permet aux individus de contrôler leur attention, leurs comportements, leurs idées ou encore leurs émotions en fonction du contexte. Globalement, le contrôle inhibiteur empêche la survenue de comportements non adaptés à la situation, tels que les pulsions. Une autre fonction centrale du contrôle inhibiteur est relative au caractère sélectif de l'attention. Cette fonction permet de sélectionner les stimuli de l'environnement auxquels porter attention, de se focaliser sur un stimulus en particulier, et de déporter l'attention d'un stimulus à l'autre. Par exemple, en situation de conduite, le contrôle inhibiteur permet au conducteur de déporter rapidement son attention sur les potentiels obstacles pouvant survenir sur la route. Enfin, le contrôle inhibiteur permet de supprimer de la mémoire des représentations mentales devenues obsolètes, afin de limiter de potentielles interférences proactives. Le dernier ensemble de fonctions exécutives est la mise à jour de la MDT. Elle assure le maintien actif d'informations simultanément avec l'arrivée d'autres informations dans le système cognitif, permettant à l'individu de les intégrer ensemble.

Ces différentes fonctions exécutives ne sont pas impliquées de la même manière dans la compréhension de textes. Par exemple, Kendeou et al., (2014), avancent que les facteurs influençant fortement la compréhension sont l'inhibition et les capacités de MDT. L'étude de Potocki et al. (2015), portant sur différents processus cognitifs impliqués dans la compréhension, précise l'influence des différentes fonctions exécutives. Dans leur Expérience 1, les auteurs ont mesuré plusieurs capacités, dont l'inhibition, les capacités de MDT et la flexibilité mentale d'enfants FC et normo-comprenneurs. Les analyses montrent que les capacités de MDT sont fortement et positivement corrélées avec la compréhension inférentielle, et faiblement corrélées positivement avec la compréhension littérale. Aucune corrélation n'est observée entre la compréhension littérale ou inférentielle et l'inhibition et la flexibilité mentale. Les analyses de régression supplémentaires montrent que les capacités de MDT et d'inhibition n'expliquent qu'une faible partie de la variance de la compréhension inférentielle (respectivement 4% et 2%). Ainsi, les capacités de MDT et l'inhibition sont des

facteurs impactant le niveau de compréhension inférentielle et la compréhension littérale mais dans une moindre mesure. L'implication conjointe de la MDT et de l'inhibition dans la compréhension de textes s'expliquerait par la forte relation existante entre ces deux fonctions. Pour fonctionner correctement, l'inhibition s'appuie sur les capacités de la MDT et réciproquement : l'une fonctionnant rarement – si ce n'est jamais – sans l'autre (Diamond, 2013).

### ***1.3.2.2. Les capacités d'inhibition***

L'hypothèse de difficultés d'inhibition de la part des FC a été testée par De Beni et ses collaborateurs. Dans leur étude de 1998, ils mettent en évidence que les étudiants FC maintiennent activées plus d'informations obsolètes que les BC. Pour les auteurs, ce maintien de l'activation surchargerait le système cognitif et entraînerait des interférences au niveau de la MDT, ce qui, en conséquence, perturberait la compréhension de textes. De Beni et Palladino (2000) confirment cette hypothèse auprès d'enfants de 8 ans BC et FC. Dans leurs études, les enfants FC présentent des capacités de mémoire à court terme identiques aux BC, mais de moins bonnes performances pour les tâches impliquant la MDT. Ces performances se traduisent par un nombre plus important d'erreurs d'intrusions que les BC. De Beni a interprété ces résultats comme montrant que les difficultés des FC pourraient être la conséquence de difficultés au niveau de l'inhibition de l'information obsolète, surchargeant ainsi le système cognitif.

L'hypothèse d'une difficulté d'inhibition a également été testée par Cain (2006b). Deux phases expérimentales ont constitué sa troisième expérience. Lors de la première, les participants ont écouté des phrases, avec pour consigne de retenir le dernier mot de chaque phrase, en vue de le restituer ultérieurement. Six secondes de pause marquaient la transition entre l'avant-dernier et le dernier mot de la phrase, et le participant devait ici essayer de deviner le dernier mot. Plus précisément, les phrases ont été construites de telle sorte qu'un mot en particulier soit activé par le participant car fortement probable avec le contexte. Par exemple, la phrase « *The carpenter hit the nail with his...* », a une forte probabilité d'entraîner l'activation du mot « *hammer* » chez le lecteur. En réalité, le dernier mot présenté était sémantiquement correct mais faiblement probable, tel que « *knees* » pour l'exemple présenté ci-avant. En d'autres termes, les participants ont activé une information qui, à l'écoute du mot réellement diffusé, devenait obsolète. Lors de la seconde phase, les participants ont réalisé une tâche de complétion de phrases où, les mots fortement probables (*hammer*) et faiblement probables mais réellement entendus (*knees*) pouvaient tous deux être proposés par les participants (i.e. tous



deux étaient sémantiquement corrects). Dans cette procédure, si les participants inhibent bel et bien le mot obsolète, alors le terme faiblement probable *knees* sera le plus souvent rappelé. Inversement, si le concept fortement probable mais obsolète n'est pas inhibé, il aura plus de probabilité d'être donné. Les résultats révèlent que les FC complètent plus souvent les phrases par le concept fortement probable mais obsolète (*hammer*) que les BC. Cain interprète ces résultats en termes de difficultés d'inhibition de la part des FC qui garderaient actives des informations devenues obsolètes.

Prises ensemble, ces trois études suggèrent que les FC ont des difficultés pour inhiber l'activation d'une information lorsqu'elle devient obsolète. L'activation non inhibée pourrait alors être source d'interférences, gênant le traitement de nouvelles informations. Cette hypothèse a également été proposée et éprouvée par Henderson et al., (2013). Les auteurs ont testé l'inhibition des informations obsolètes ainsi que l'accès aux informations. Les FC ne présentent pas de difficultés pour accéder à l'information mais en ont pour inhiber l'information non cohérente avec le contexte actuel du texte. Il semble ainsi que les difficultés d'inhibition sont une des sources probables de leurs difficultés de compréhension. Cependant, l'inhibition et la MDT fonctionnant conjointement, il est difficile de savoir si les difficultés portent spécifiquement sur l'une ou l'autre de ces capacités. Pour obtenir une vision plus globale du fonctionnement de leurs capacités métacognitives, nous allons à présent nous intéresser aux capacités de la MDT des FC.

### ***1.3.2.3. La mémoire de travail***

La MDT a une influence sur la lecture d'une manière globale. Les FC, les faibles décodeurs et les lecteurs ayant un déficit généralisé de la lecture semblent tous avoir en commun des difficultés au niveau de la MDT (Kleinsz et al., 2017). Toutefois, la mise en évidence de difficultés au niveau de la MDT chez les FC ne permet pas de conclure à un lien de causalité. La MDT est impliquée dans une multitude d'activités cognitives et son fonctionnement implique de nombreux processus. Des difficultés au niveau de la MDT peuvent expliquer une difficulté de compréhension, mais l'inverse est également vrai. Par exemple, si les informations nécessaires à la compréhension d'un texte sont difficilement disponibles, le fonctionnement de la MDT pourra être perturbé.

Ce débat théorique se retrouve dans les résultats et interprétations d'études expérimentales. Certaines études montrent que les FC présentent des difficultés au niveau de la

MDT qui impacteraient la compréhension de textes (De Beni et al., 1998; De Beni & Palladino, 2000; Floyd et al., 2006; Yuill et al., 1989), alors que, pour d'autres, la MDT n'est pas une des causes des difficultés de compréhension (e.g. Nation et al., 1999; Stothard & Hulme, 1992). Par exemple, Yuill et al. (1989) ont observé que les FC ont des difficultés pour résoudre les incohérences du texte, surtout quand l'information permettant la résolution de l'incohérence est éloignée dans le texte. Ce résultat est interprété comme une mise en exergue des difficultés qu'éprouvent les FC lorsque la charge en MDT est importante. Cependant, Nation et al. (1999) émettent une limite à cette interprétation, puisque leurs résultats révèlent que l'observation de difficultés au niveau de la MDT chez les FC dépend de la mesure utilisée et des conditions expérimentales. Pour les auteurs, les difficultés observées au niveau de la MDT dans certaines conditions, sont la conséquence de faibles capacités sémantiques de la part des FC, et non pas une cause explicative de leurs difficultés.

Georgiou et Das (2015) se sont intéressés à la nature des difficultés de la MDT chez des étudiants FC. Trois tâches mesurant les capacités de MDT ont été utilisées. La première était une tâche d'empan mnésique *écouté* : une série de phrases étaient présentées oralement aux participants qui devaient déterminer la véracité de chacune. À la fin de la série, ils devaient rappeler le dernier mot de chaque phrase, dans l'ordre de présentation. Lors de la deuxième tâche, les participants devaient répondre à des questions sur des phrases n'ayant pas de sens car les mots étaient remplacés par des couleurs (e.g. « *The yellow grenned the blue. Who grenned the blue?* »). Enfin, la dernière tâche mesurait l'empan envers : les participants devaient rappeler des séries de chiffres dans l'ordre inverse de présentation. Les auteurs mettent en évidence que les FC présentent des difficultés au niveau de la MDT uniquement lorsque la tâche est complexe. En effet, les FC présentent des performances significativement plus basses que les BC pour les deux premières tâches mais pas pour l'empan envers. Cette hypothèse d'un déficit au niveau des capacités de la MDT uniquement dans le cadre de tâches complexes est également soutenue par Carretti et al. (2009). Leur méta-analyse révèle que le lien entre les capacités de la MDT et le niveau de compréhension dépend de la modalité testée et du niveau attentionnel requis. Les FC présenteraient des difficultés au niveau de la MDT uniquement lorsqu'un matériel verbal est utilisé et pour des tâches complexes. Ces deux études remettent ainsi en question l'hypothèse d'un déficit au niveau de la MDT comme cause explicative des difficultés de compréhension. Dans sa revue de questions, Cain (2006a) a repris les différentes hypothèses émises sur la relation entre la MDT et les difficultés de compréhension de textes, et les a classées en fonction de la nature directe ou indirecte de la relation entre les deux capacités.

En effet, il existe plusieurs hypothèses concernant la nature de la relation entre les capacités de compréhension de textes et la MDT : certaines suggèrent que les difficultés de compréhension sont la conséquence directe d'une MDT moins efficace, et d'autres que cette relation est médiatisée par des difficultés sémantiques. Selon cette dernière approche, les FC auraient des difficultés sémantiques impactant les performances de la MDT. L'article de Cain montre ainsi l'existence d'un lien entre les capacités de MDT et le niveau de compréhension. Cependant, elle conclut que des études supplémentaires sont nécessaires afin de préciser la relation causale entre ces deux compétences. À ce jour, l'hypothèse d'une relation directe et celle d'une relation indirecte sont encore toutes deux soutenues.

En résumé, un ensemble de travaux a été réalisé afin de tester si un déficit du contrôle de l'activité explique les difficultés des FC. Les FC semblent en effet avoir des difficultés pour évaluer leur niveau de compréhension et pour enclencher des stratégies permettant d'y remédier. Le contrôle de l'activité est sous-tendu par de multiples processus et mécanismes cognitifs, dont les fonctions exécutives et les méta-connaissances sur le texte. De ce fait, ces mécanismes pourraient être impliqués dans les difficultés de compréhension des FC. Des travaux avancent qu'une faiblesse au niveau de la MDT et l'inhibition peuvent être une des causes des difficultés de compréhension. Ces études montrent que les FC ont des performances plus faibles pour inhiber les informations obsolètes qui seraient la conséquence d'une MDT moins performante, impactant les performances des FC lors de tâches complexes, comme la lecture. Cependant, cette hypothèse fait actuellement débat : certains auteurs proposent que les performances plus basses des FC au niveau de la MDT soient la conséquence de difficultés sémantiques plutôt que l'une des causes. *A minima*, il existe un lien entre le niveau de compréhension et les capacités de la MDT.

### **1.3.3. La production d'inférences**

Le dernier facteur identifié comme impactant la compréhension de textes est la production d'inférences (Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). Un texte, même s'il semble explicitement riche en informations, contient un nombre important d'informations implicites qui sont seulement suggérées. Prenons l'exemple suivant : « *Lucie prit le goûter de son sac et le partagea avec Louise. Les cookies étaient très bons.* ». Pour que le lecteur puisse comprendre que le goûter sorti du sac et les cookies sont la même entité, il doit produire une inférence pour faire le lien entre les différentes informations du texte. De la même manière, la phrase « *Les enfants n'ayant pas vu l'heure, pédalèrent le plus rapidement possible pour ne pas se faire*

*punir.* » suggère que les enfants sont rentrés en vélo. Cependant, le concept de vélo n'est pas explicitement mentionné dans le texte, et les enfants pourraient très bien être sur un pédalo. Cette représentation du texte est possible grâce à une production d'inférences basée sur le contexte de la phrase et sur les connaissances du lecteur. La capacité de production d'inférences, observable chez les lecteurs adultes comme enfants (Casteel, 1993), est essentielle et centrale dans la compréhension de textes (e.g. Graesser et al., 1994; McKoon & Ratcliff, 1992).

Plusieurs définitions de la notion d'inférence existent. Par exemple, McKoon et Ratcliff (1992) la définissent « *as any piece of information that is not explicitly stated in the text* » (p. 40). Cette définition simple stipule qu'une inférence permet de relier les différentes informations du texte et de combler les blancs laissés par celui-ci. Cook et al. (2001) proposent une définition plus élaborée en expliquant que pour comprendre un texte « *it is generally assumed that readers will use their general world knowledge to generate these inferences that "fill the gaps" between what has been explicitly stated and what the "fully filled-in" message was intended to convey* » (p. 220). Cette définition est plus globale et introduit l'idée que le lecteur s'appuie sur les informations du texte mais également sur ses connaissances générales pour élaborer une inférence. De nombreux travaux ont porté sur la classification des inférences afin de savoir quelles étaient celles produites systématiquement. Différentes classifications existent mais aucune n'est consensuellement partagée. Par exemple, Oakhill et al. (2014) distinguent deux types d'inférences, celles obligatoires ou nécessaires à la compréhension et les inférences élaboratives. Si le lecteur ne produit pas les inférences obligatoires, il ne peut pas comprendre le texte lu. Le premier exemple, relève de ce type d'inférence. Les inférences élaboratives ne sont, elles, pas nécessaires à la cohérence du texte. Dans « *Les enfants n'ayant pas vu l'heure, pédalèrent le plus rapidement possible pour ne pas se faire punir.* », l'inférence élaborative « *les enfants arriveront haletants à la maison* » peut être construite. Elle n'est pas nécessaire au maintien de la cohérence locale du texte mais permet une compréhension plus globale. Cette distinction a été reprise dans de nombreuses études qui ont testé la production d'inférences chez les FC.

Deux points sont largement partagés par la communauté scientifique : (1) le niveau de compréhension du lecteur dépend entre autres de sa capacité à générer des inférences au cours de la lecture (e.g. Cain et al., 2004; Cain & Oakhill, 1999; Oakhill & Cain, 2007), et (2) les FC présentent des difficultés à produire des inférences (e.g. Oakhill, 1983, 1984). Pour étudier la production d'inférences, le paradigme classiquement utilisé implique la lecture d'un texte ou

de plusieurs textes à l'issue de laquelle les participants sont invités à répondre à des questions de compréhension. Une distinction est faite entre deux types de questions : celles qui portent sur des informations littérales du texte, et celles dont la réponse nécessite de produire une inférence. En 1999, Cain et Oakhill ont examiné l'hypothèse selon laquelle les FC présenteraient des difficultés pour répondre aux questions demandant la production d'inférences obligatoires et/ou élaboratives. La particularité de cette étude porte sur le fait que lorsqu'une réponse incorrecte était donnée, les participants pouvaient de nouveau répondre en ayant le texte sous les yeux. Si, malgré la présence du texte, la bonne réponse n'était toujours pas donnée, l'expérimentateur indiquait au participant la portion du texte où l'information nécessaire était présente. Les performances de FC âgés de 7 à 8 ans ont été comparées à celles d'un groupe de BC et d'un groupe d'enfants plus jeunes apparié en termes de niveau de compréhension. Aucune différence n'est apparue entre les trois groupes pour les questions littérales, c'est-à-dire celles pour lesquelles la réponse était directement mentionnée dans le texte. Concernant les questions demandant la production d'inférences, les FC produisaient moins de bonnes réponses que les BC quel que soit le type d'inférences à produire, et moins de bonnes réponses que le groupe d'enfants plus jeunes pour les inférences obligatoires uniquement. Lorsque le texte était de nouveau fourni aux participants après un premier échec, les résultats ont conduit un effet plafond pour les questions littérales et les questions inférentielles obligatoires. Pour les inférences élaboratives, les FC et les enfants plus jeunes continuaient à montrer plus de difficultés à donner la bonne réponse que les BC. Enfin, l'indication de la portion du texte à partir de laquelle l'inférence pouvait être produite n'a pas permis aux FC d'atteindre des performances identiques à celles obtenues par les deux autres groupes. Ces résultats montrent que les FC présentent des difficultés pour identifier les informations à utiliser afin de produire une inférence.

Comme indiqué précédemment, l'idée d'une difficulté au niveau de la production d'inférences de la part des FC est largement partagée dans la communauté scientifique. C'est d'ailleurs l'un des critères utilisés pour identifier et sélectionner les FC dans les études expérimentales. Précisons que pour certains auteurs, ce n'est pas la quantité mais la qualité des inférences produites qui impacte la compréhension des FC (Carlson et al., 2014). Il reste cependant beaucoup de questions concernant la production d'inférences des FC, dont l'une portant sur la cause de ces difficultés de production. Une hypothèse proposée postule que les FC présentent des difficultés à identifier les informations utiles à la production d'inférences (Cain & Oakhill, 1999). Long et Chong (2001) ont utilisé le paradigme des incohérences,

développé par Albrecht et O'Brien (1993), auprès d'étudiants BC et FC pour mettre cette hypothèse à l'épreuve. Ce paradigme s'appuie sur le principe selon lequel la détection d'une erreur ou d'une incohérence textuelle par le lecteur entraîne un ralentissement du temps de lecture. Les auteurs ont élaboré des textes toujours cohérents localement tout en manipulant la cohérence globale, créant une condition cohérente et une condition incohérente. Les textes commençaient par la présentation d'un protagoniste auquel était associé un trait particulier, qui pouvait être cohérent ou incohérent une phrase cible présentée ultérieurement dans le texte. Par exemple, dans l'un des textes expérimentaux, la protagoniste Mary était présentée soit comme étant végétarienne (condition incohérente) soit comme aimant les fast-foods (condition cohérente). La phrase cible décrivait une action réalisée par la protagoniste « *Mary ordered a cheeseburger and fries* » qui était incohérente avec le fait que Mary soit végétarienne mais cohérente avec le fait qu'elle aime les fast-foods. Un paragraphe intermédiaire était inséré entre les deux informations afin de s'assurer que le trait caractéristique du protagoniste ne soit plus activé en mémoire lors de la présentation de la phrase cible. Les résultats montrent que les participants lisent plus lentement la phrase cible dans la condition incohérente que cohérente. Ce ralentissement traduit le fait que les participants détectent l'incohérence, et par conséquent qu'ils tentent de produire une inférence de cohérence globale.

Long et Chong (2001) ont repris ce paradigme en faisant varier la distance entre la phrase introductive du protagoniste et la phrase cible (Expérience 1). Lorsque ces deux informations sont présentées de manière consécutive, les FC et les BC mettent plus de temps à lire en condition d'incohérence qu'en condition de cohérence. Quand la distance entre les deux informations augmente, le temps de lecture des FC n'est pas impacté, traduisant une absence de détection de l'incohérence. Les auteurs interprètent ces résultats comme la conséquence d'une difficulté pour activer les informations préalables du texte. Cette hypothèse a été testée dans leur deuxième étude adaptée de Cook et al. (1998, Expérience 2). Dans l'étude originale de Cook et al., les participants lisaient un texte décrivant un protagoniste. Une phrase *sonde* contenant des informations sur la description du protagoniste pouvait être présentée à trois positions différentes : immédiatement après l'élaboration du protagoniste, plus loin dans le texte mais avant la phrase cible, ou après la phrase cible. Les participants devaient indiquer si cette phrase était correcte ou non. Les résultats montrent que les participants sont plus lents pour répondre lorsque la phrase *sonde* est présentée avant la phrase cible, suggérant que l'information n'est plus disponible en mémoire avant la phrase cible, mais qu'elle l'est de nouveau après la phrase cible. Long et Chong ont repris ce paradigme afin de tester la

réactivation des informations de la part des FC. Les résultats révèlent des performances identiques de la part des BC et FC, montrant que ces derniers ne présentent pas de difficultés pour réactiver les informations. Selon les auteurs, les difficultés des FC ne sont pas la conséquence de difficultés pour réactiver les informations précédentes du texte, mais plutôt la conséquence d'une difficulté pour intégrer les différentes informations activées afin de maintenir une cohérence globale.

Pour qu'une inférence soit produite, le lecteur a besoin que les informations nécessaires à sa production soient disponibles en MDT. Plusieurs études ont repris le paradigme des incohérences pour mesurer la disponibilité des informations selon différentes conditions. L'élaboration (e.g. Albrecht & O'Brien, 1991; Myers et al., 2000; Rizzella & O'Brien, 1996) et la force du contexte sous-tendant l'inférence (e.g. Cook et al., 1998; O'Brien et al., 1998, 2010) influencent ici la disponibilité. Dans leur étude de 2016, Smith et O'Brien ont testé l'hypothèse que ces deux facteurs peuvent améliorer la compréhension des FC, en augmentant leur capacité à réactiver les informations nécessaires au maintien de la cohérence globale du texte. Les résultats montrent que les FC détectent l'incohérence au niveau local (Expérience 1A) mais pas au niveau global (Expérience 1B). Sur la base de ces résultats, les auteurs ont repris le matériel utilisé pour la condition globale en augmentant l'élaboration de l'information dans l'Expérience 2A et le chevauchement contextuel dans l'Expérience 2B. Les résultats des deux expériences montrent que les FC détectent l'incohérence, se traduisant par des temps de lecture plus longs pour la condition incohérente. Cette étude, couplée avec celle de Long et Chong (2001), confirme l'idée que les FC auraient des difficultés pour réactiver les informations préalables du texte, entravant de surcroît l'intégration. D'après le principe de résonance, si deux informations sont intégrées, l'activation de l'une entraîne l'activation de l'autre (Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999). Au niveau global, les FC semblent avoir plus de difficultés pour réactiver des informations préalables du texte. Cette difficulté peut être diminuée lorsque des indices contextuels sont ajoutés. Ainsi l'une des hypothèses des difficultés de production d'inférences des FC provient d'une difficulté au niveau de la disponibilité des informations du texte au moment où l'inférence est produite.

D'autres hypothèses ont été développées afin d'expliquer la cause des difficultés de production d'inférences. Par exemple, Currie et Cain (2015) ont étudié l'impact des capacités de MDT et du vocabulaire sur la production d'inférences auprès de trois groupes d'enfants (5-6 ans, 7-8 ans, et 9-10 ans). Les enfants ont lu des textes puis répondu à des questions demandant

la production d'inférences. Le niveau de vocabulaire et les capacités de MDT des enfants ont été contrôlés. Les résultats révèlent l'existence d'un effet de la MDT sur la production d'inférences. Toutefois, cet effet semble médiatisé par le niveau de vocabulaire. Les auteurs proposent que les difficultés au niveau de la profondeur du vocabulaire des FC perturbent les processus impliqués dans la production d'inférences, ce qui explique les difficultés au niveau de la MDT. L'une des causes des difficultés de production d'inférences pourrait donc être le niveau de vocabulaire. Cette interprétation est en accord avec plusieurs études expérimentales réalisées sur des normo-comprenneurs, montrant qu'un lecteur ayant un vocabulaire adapté et de bonnes connaissances dans le domaine concerné est avantagé pour répondre aux questions demandant la production d'inférences, en comparaison de lecteurs ayant moins de connaissances (Kendeou et al., 2014; McNamara et al., 1996; Perfetti, 1994). Cependant, O'Reilly et McNamara, (2007) montrent que l'absence des connaissances nécessaires dans un domaine n'est pas suffisante pour expliquer les difficultés des FC. Même avec des connaissances appropriées, les FC présentent un niveau de compréhension plus faible que les BC.

Pour mieux appréhender l'influence des connaissances préalables sur la production d'inférences, Barnes et ses collaborateurs (Barnes et al., 1996; Cain et al., 2001) ont réalisé deux études où les connaissances des participants étaient contrôlées. Les auteurs ont inventé le monde imaginaire de *Gan* et les enfants ont dû en apprendre les caractéristiques (e.g. *Turtles on Gan have ice skates attached to their feet*). Une fois cet apprentissage vérifié, les enfants ont lu une histoire se déroulant dans le monde de *Gan*. Les enfants ont répondu ensuite à des questions sur la compréhension littérale et inférentielle. La première étude réalisée auprès d'enfants âgés de 6 à 15 ans confirme (1) l'importance de l'accès aux connaissances pour la production d'inférences, et (2) que la capacité à produire des inférences augmente au cours du développement (Barnes et al., 1996). Cain et al. (2001) ont repris la même procédure auprès d'enfants âgés de 7 à 8 ans et ont comparé leurs performances en fonction de leur niveau de compréhension. Les résultats montrent un score de compréhension inférentielle inférieur pour les FC par rapport aux BC, bien que les auteurs se soient auparavant assurés que les caractéristiques du monde de *Gan* avaient été bien apprises.

Pris ensemble, les résultats des trois études confirment l'idée que les difficultés des FC ne sont pas dues à un manque de connaissances appropriées au sujet, mais plutôt à des difficultés au niveau de l'accès aux connaissances. Cette hypothèse est en accord avec les études



réalisées sur les performances sémantiques, présentées précédemment dans ce chapitre : les difficultés des FC concerneraient davantage la profondeur du vocabulaire plutôt que son étendue. À connaissances égales, les FC produisent moins d'inférences que les BC. Les études réalisées afin de mieux comprendre le lien entre la production d'inférences et le vocabulaire, et plus précisément le sens des mots, appuient cette hypothèse. Par exemple, Cain et ses collaborateurs se sont intéressés à la capacité des enfants à inférer le sens de nouveaux mots (Cain et al., 2003, 2004). Les auteurs mettent en évidence que les FC ont plus de difficultés à inférer le sens de nouveaux mots que les BC. Ils précisent que les réponses des FC sont globalement reliées au bon thème mais qu'ils n'arrivent pas à utiliser les informations nécessaires pour fournir une réponse correcte et précise. Ces résultats suggèrent qu'il existe une forte relation entre l'accès au sens des mots et la production d'inférences. En combinant ces résultats à ceux des études précédemment rapportées sur les capacités sémantiques des FC (voir section 1.2), il est possible de développer l'hypothèse d'une difficulté d'accès au sens des mots comme une des causes explicatives des difficultés des FC.

En résumé, les diverses études présentées dans ce chapitre révèlent l'existence de plusieurs hypothèses explicatives des difficultés des FC. Certaines de ces hypothèses portent plus spécifiquement sur des capacités impliquées dans la reconnaissance des mots écrits, alors que d'autres portent sur des capacités impliquées dans la compréhension de textes. Nous allons revenir plus précisément sur certaines de ces hypothèses dans la discussion de ce chapitre.

## **1.4. Conclusion du chapitre**

### **1.4.1. Plusieurs hypothèses explicatives**

L'objectif de ce chapitre était d'effectuer un état des lieux des travaux réalisés sur les capacités impliquées dans la lecture des FC. Cette présentation, non exhaustive, permet de conclure que les FC présentent des difficultés au niveau des capacités sémantiques (e.g. Nation & Snowling, 1998, 1999; Weekes et al., 2008), ont des connaissances plus faibles sur la structure de textes (e.g. Cain, 2003; Cain & Oakhill, 1996; Paris & Jacobs, 1984), ont moins des méta-connaissances (e.g. Cain, 1999; Paris & Myers, 1981), ont des difficultés d'inhibition (e.g. De Beni et al., 1998; De Beni & Palladino, 2000) et des capacités de MDT plus faibles (e.g. Kleinsz et al., 2017; Yuill et al., 1989), et présentent des difficultés à produire des inférences (e.g. Oakhill, 1984). Cet état des lieux soulève la question de la ou des cause(s)

explicative(s) de ces difficultés. Plusieurs hypothèses non contradictoires les unes avec les autres ont à ce jour été développées.

Plusieurs hypothèses portent sur les trois facteurs principaux influençant la compréhension de textes, identifiés par Oakhill et ses collaborateurs (Oakhill & Cain, 2007; Perfetti et al., 2005). Par exemple Perfetti (1994) propose que l'une des sources possibles des difficultés de lecture est que les connaissances sur la structure du texte sont inadéquates. Par conséquent, les FC auraient des difficultés à adapter leurs stratégies de lecture à la situation. L'idée d'une difficulté au niveau des stratégies de lecture a également été développée par les études portant sur les méta-connaissances des FC (e.g. Eme & Rouet, 2001 ; Cain, 1999). Le manque de conscience des FC sur leur niveau de lecture les empêcherait de pallier leurs difficultés de compréhension. Cependant ce déficit au niveau des méta-connaissances pourrait ne pas être une cause des difficultés de compréhension mais serait un facteur aggravant de leurs difficultés (Cain, 1999).

Un ensemble d'études révèle que les FC ont des performances plus faibles au niveau de la MDT, entraînant des difficultés au niveau de la production d'inférences (Curie & Cain, 2015). Les capacités moindres de la MDT seraient en fait la conséquence de difficultés au niveau d'autres processus et, de nouveau non une cause explicative. Par exemple, De Beni et ses collaborateurs (De Beni et al., 1998; De Beni & Palladino, 2000) développent l'hypothèse de l'inhibition-suppression en s'appuyant sur les travaux de Conway (Conway et al., 1999; Conway & Engle, 1994). Une suppression inadéquate des informations obsolètes entraînerait une augmentation de la charge attentionnelle. Les FC maintiennent ainsi activées des informations obsolètes, ce qui entraîne l'augmentation de la charge attentionnelle. Par conséquent, la MDT n'aurait plus les ressources nécessaires pour intégrer les informations du texte afin de produire une représentation de la situation évoquée par le texte. Aussi, les difficultés d'inhibition des FC pourraient être l'une des causes de leurs difficultés de compréhension, mais également de leurs capacités de MDT plus faibles (De Beni & Palladino, 2000).

L'idée que les performances plus basses de la MDT sont une conséquence et non une cause des difficultés des FC est également soutenue par Nation et ses collaborateurs (1999, 2002). Les difficultés des FC mesurées au niveau de la compréhension, comme au niveau de la MDT, seraient la conséquence de leurs faibles capacités sémantiques. Plusieurs études présentées dans ce chapitre révèlent plus précisément que les FC auraient une difficulté

spécifique au niveau de l'accès aux connaissances sémantiques (Cain & Oakhill, 2014; Nation & Snowling, 1997, 1998; Oakhill et al., 2015; Weekes et al., 2008). Comme le précise Oakhill et al. (2015), l'important est la rapidité et la facilité avec lesquelles la représentation sémantique est disponible en mémoire.

[...] it is not sufficient to “know” the meanings of words in a text, but that the facility with which the semantic representations of words can be accessed is also important for comprehension. [...] the speed of access to a word’s semantics is likely to be important for efficient comprehension because comprehension happens in real time and, if appropriate meanings and associations of words are not accessed very rapidly, the reader will have moved on to the next word, or the next sentence, and the opportunity for semantic information to support inference and integration of the text will have been missed. (Oakhill et al., 2015, p. 156).

Plusieurs hypothèses ont tenté d'expliquer ces difficultés de disponibilité des informations en mémoire. L'une d'entre elles, celle de la qualité lexicale de Perfetti (2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) présentée précédemment, propose qu'une représentation lexicale de bonne qualité contient des informations phonologiques, sémantiques et orthographiques et qui, de plus, se doivent d'être bien intégrées les unes avec les autres. Les FC auraient des difficultés pour développer des représentations sémantiques riches et durables (Ricketts et al., 2008), entravant la reconnaissance des mots écrits. D'après Nation et Snowling (1999), les difficultés sémantiques se situent au niveau des liens entre les concepts, et plus spécifiquement pour des concepts qui ne sont pas co-expérimentés. Leurs difficultés interviendraient ainsi au moment de l'apprentissage des nouveaux mots. Or un accès rapide aux sens des mots est primordial pour que le lecteur produise des inférences afin de construire la représentation de la situation évoquée par le texte.

L'hypothèse de difficultés sémantiques comme cause explicative a également été développée par Weekes et al. (2008). Dans leur étude, adaptée du paradigme DRM, les auteurs montrent que les FC ne réalisent pas de fausses reconnaissances pour le mot cible relié sémantiquement aux mots de la liste. Les auteurs interprètent leurs résultats selon l'hypothèse de difficulté au niveau de la *gist memory*. Ce concept a été proposé dans le cadre du modèle de la mémoire *Fuzzy Trace Theory* (Brainerd & Reyna, 2005). La mémoire serait composée de traces *verbatim* correspondant à l'interprétation de la forme de surface des mots, et des traces *gist* représentant l'interprétation du sens des mots. Ces représentations seraient récupérées en

fonction des connexions existantes entre les concepts. Les auteurs supposent que les FC ont des difficultés au niveau de la mémoire des représentations du sens des mots (*gist memory*). L'accès aux traces *gist* dépend des connexions existantes entre les concepts. Ainsi et de nouveau les difficultés des FC se retrouveraient au niveau des liens sémantiques.

#### **1.4.2. Conclusion sur le profil des FC**

Dans ce premier chapitre, nous nous sommes intéressés aux études portant sur les FC. De nombreuses difficultés ont été mises en évidence sur plusieurs capacités impliquées dans la lecture. Cette diversité empêche de dresser un profil cognitif précis des FC. La communauté scientifique s'accorde sur l'idée qu'ils présentent des difficultés à produire des inférences. Pour certains auteurs, ces difficultés de production sont la conséquence d'une faiblesse sémantique (Nation & Snowling, 1998; Weekes et al., 2008) alors que pour d'autres, les difficultés sont liées aux capacités de la MDT (e.g. Currie & Cain, 2015). À ce jour il n'existe pas de consensus. Cette absence d'harmonisation peut s'expliquer par l'absence d'un modèle théorique décrivant précisément les difficultés des FC. Une seconde limite à l'ensemble de ces travaux porte sur les méthodologies employées. La majorité des études présentées sont des études dites *offlines*, c'est-à-dire que la compréhension est mesurée après que les processus ont opéré. Ces études mesurent ainsi le produit de la lecture et n'étudient pas le fonctionnement des processus impliqués dans la compréhension au moment où ils opèrent.

L'objectif de cette présente thèse est de proposer un éclairage alternatif sur les difficultés de compréhension des FC. Plus précisément, nous proposons d'étudier directement les processus cognitifs impliqués dans la production d'inférences tout en ancrant notre réflexion dans une approche incarnée de la cognition. Pour ce faire, nous nous appuyons particulièrement sur deux modèles. Premièrement, le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b), qui décrit le fonctionnement des processus à l'œuvre dans la production d'inférences. Ce modèle repose sur l'idée que les inférences sont produites en fonction de la disponibilité des informations en mémoire. Sur la base de cet apport théorique nous tenterons d'aborder la question des difficultés des FC en termes d'émergence des connaissances au cours du traitement d'un texte. Le Chapitre 2 sera consacré à la production d'inférences ainsi qu'à la présentation de ce modèle. Deuxièmement, le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014) décrivant le fonctionnement de la mémoire selon une approche incarnée de la cognition. D'après ce modèle, les connaissances émergent de la réactivation des traces sensori-motrices des expériences passées. Ce modèle nous permettra d'approfondir notre hypothèse d'une

difficulté au niveau de l'émergence des connaissances de la part des FC. Le Chapitre 3 sera consacré à la présentation de ce modèle ainsi qu'à l'approche incarnée de la cognition, et des travaux démontrant que la compréhension est incarnée.

## **Chapitre 2 : Les processus impliqués dans la production d'inférences**

Dans le Chapitre 1 nous avons présenté les recherches réalisées auprès d'une population de FC afin de tenter d'en dégager un profil cognitif. S'il est clairement établi que ces lecteurs présentent des difficultés spécifiques de compréhension sans difficultés « apparentes » de décodage, la littérature fait état de multiples hypothèses explicatives de leurs difficultés. Nous soutenons l'idée qu'une des raisons à cela est l'absence d'une interprétation des résultats au sein d'un cadre théorique commun qui permettrait l'émergence d'un consensus explicatif. Parmi les difficultés que peuvent présenter les FC, la communauté scientifique s'accorde sur l'idée qu'ils présentent des difficultés à produire des inférences (e.g. Oakhill, 1983, 1984). L'une des hypothèses explicatives de ces difficultés serait une difficulté d'accès aux connaissances en mémoire (Nation & Snowling, 1998, 1999). Nous avons fait le choix dans cette présente thèse de nous intéresser à cette hypothèse en essayant de l'expliquer sous l'angle des processus sous-tendant la production d'inférences et en nous inscrivant dans un cadre théorique les modélisant.

Afin de répondre à notre problématique, nous proposons, dans ce chapitre, d'ancrer notre réflexion au sein d'un modèle décrivant les processus sous-tendant la production d'inférences : le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b). L'objectif de ce chapitre est de présenter les débats théoriques et les données expérimentales qui ont guidé le développement de ce modèle et qui nous ont conduit à l'adopter en tant que cadre théorique de référence de nos études. Dans une première partie nous revenons sur le débat théorique entre l'approche minimaliste (McKoon & Ratcliff, 1992) et l'approche maximaliste (Graesser et al., 1994) qui a marqué les études sur la production d'inférences dans les années 1990. De ce débat a émergé une proposition alternative, l'approche du traitement de texte basé sur la mémoire (nommée approche BM par la suite) que nous aborderons dans une seconde partie. Une troisième partie sera consacrée aux travaux récents sur la question de la validation des informations au cours de la lecture et plus spécifiquement de la nature automatique ou stratégique des processus la sous-tendant. En effet, c'est de la convergence de ces travaux et des limites soulevées au sein de l'approche BM que le modèle RI-Val découle (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b). Enfin, nous détaillerons précisément les propositions portées par le modèle RI-Val concernant les processus mis en jeu dans la

production d'inférences en nous attachant à souligner dans quelle mesure le modèle permet d'envisager les difficultés des faibles compreneurs à produire des inférences.

## **2.1. Le débat des années 1990 concernant la production d'inférences**

La compréhension est une activité complexe dont l'objectif final est la compréhension du message que l'auteur a voulu transmettre, et qui résulte de la construction par le lecteur d'une représentation mentale de la situation évoquée par le texte, conceptualisée comme un modèle de situation (van Dijk & Kintsch, 1983) ou un modèle mental (Johnson-Laird, 1983). Parmi les processus mis en jeu dans l'élaboration d'une telle représentation, ceux permettant la production d'inférences, c'est-à-dire la construction des relations entre les différentes informations mentionnées dans un texte et entre les informations du texte et les connaissances générales du lecteur, occupent une place centrale. Il en est ainsi de même au sein de la majorité des modèles qui se sont attachés à rendre compte des processus impliqués dans l'élaboration d'une représentation mentale de la situation évoquée par le texte (Gernsbacher, 1990; Graesser et al., 1994; Sanford & Garrod, 1989; van den Broek et al., 1995, 1999; Zwaan et al., 1995). La place accordée à cette habileté en a également fait un élément de débat dont le plus influent a été celui des années 1990 entre l'approche minimaliste et l'approche maximaliste que nous abordons ci-après.

### **2.1.1. L'approche minimaliste (McKoon & Ratcliff, 1992)**

L'article de McKoon et Ratcliff (1992) peut être considéré comme ayant engendré un tournant majeur dans l'étude de la production d'inférences et plus particulièrement sur la question qui nous intéresse dans cette thèse, à savoir la nature des processus à l'œuvre. Trois principales limites ont découlé de la réflexion et de la proposition théorique des auteurs, à l'encontre des études réalisées jusqu'alors. Premièrement, l'objectif poursuivi dans ces recherches était d'identifier quelles inférences sont nécessaires et systématiquement produites par le lecteur dans le but d'en établir une classification reposant sur la nature des inférences. Ces études ont ainsi conduit à considérer par exemple les inférences causales comme des inférences nécessaires à la compréhension, supposées être produites systématiquement (Bloom et al., 1990; Fletcher & Bloom, 1988; Myers et al., 1987; O'Brien & Myers, 1987; Trabasso & van den Broek, 1985; van den Broek, 1988, 1990) et les inférences instrumentales comme des inférences élaboratives, produites sous des conditions spécifiques (Corbett & Doshier, 1978;

Dosher & Corbett, 1982; McKoon & Ratcliff, 1981). McKoon et Ratcliff reprochent à ces études d'aborder les inférences par leur nature, mettant ainsi de côté la question des processus qui en permettent l'émergence. Ce constat est également à mettre en lien avec la seconde limite soulevée, à savoir le recours majoritaire à des méthodes d'investigation *offline* ne permettant pas l'étude des processus sous-tendant la production d'inférences. Enfin, ils considèrent que les conditions dans lesquelles les données sont récoltées doivent être prises en compte. Cette idée les conduit à penser que les données recueillies jusqu'à alors représentent une compréhension *a minima*, puisqu'elles ont été où récoltées dans des situations où la compréhension n'est pas dirigée par un objectif de lecture spécifique et où le lecteur ne s'investit pas activement dans l'activité de compréhension.

L'hypothèse principale de l'approche minimaliste est ainsi qu'en l'absence de buts spécifiques de lecture, le lecteur produit automatiquement seulement deux types d'inférences : celles permettant le maintien de la cohérence locale, et celles construites à partir d'informations facilement et rapidement disponibles en mémoire. De plus, l'un des postulats centraux de cette approche est que la production de ces deux types d'inférences est sous-tendue par des processus automatiques. Par ce postulat, McKoon et Ratcliff proposent d'une part, une conceptualisation radicalement différente de la production d'inférences, supposées jusqu'alors être produites à l'aide de processus stratégiques uniquement, et d'autre part, une distinction entre les inférences sur la base de la nature des processus qui les sous-tendent à savoir automatique ou stratégique. Les inférences automatiquement construites sont celles dont les informations nécessaires à la construction sont facilement et rapidement disponibles, que l'information provienne du texte ou des connaissances générales du lecteur. Les inférences permettant la cohérence locale sont également produites automatiquement, car elles sont facilement générées puisque les informations sont co-activées en MDT. Aussi, d'après McKoon et Ratcliff, les inférences élaboratives peuvent également être produites automatiquement dès lors que les informations nécessaires à leur production sont facilement disponibles. Les inférences produites par des processus stratégiques, quant à elles, sont élaborées en fonction des objectifs du lecteur, et par définition sont produites par des processus plus coûteux et plus tardifs.

Afin de valider empiriquement leur approche, McKoon et Ratcliff (1992) ont réalisé plusieurs études dont l'objectif principal était de montrer que les inférences produites sont (1) celles facilement et rapidement accessibles, (2) uniquement les inférences de cohérence locale en démontrant l'absence de production des inférences de cohérence globale. Nous ne



développerons par la suite que les études relatives au point 2 qui s'est particulièrement retrouvé au cœur des débats. Nous renvoyons le lecteur aux travaux de McKoon et Ratcliff (1989, 1995; Ratcliff & McKoon, 1988) et Dopkins et al. (1993) pour celles relatives au point 1. De plus, en réponse à la seconde limite soulevée, les chercheurs ont utilisé des méthodes d'observation en temps réel de la production d'inférences en mesurant les changements de disponibilité des informations en mémoire. Pour ce faire, ils se sont appuyés sur les paradigmes de mesure d'activation des concepts en mémoire qui reposent sur le fait que la réponse à une information cible reflète l'état de disponibilité en mémoire du concept auquel elle fait référence. Après avoir lu un texte, les participants ont dû effectuer une tâche de reconnaissance qui consistait ici à indiquer si un mot cible avait été mentionné précédemment dans le texte. Leur raisonnement est qu'un mot cible faisant référence à un concept facilement disponible entraîne des temps de réponse plus courts, et moins d'erreurs. L'effet facilitateur traduit ainsi le fait que le concept est activé en MDT, et donc utilisé pour produire une inférence.

Dans l'Expérience 1, les auteurs ont testé l'accessibilité de l'information locale et globale à la fin de la lecture de textes courts, afin de montrer que seules les inférences locales sont produites automatiquement. Pour tester leur hypothèse, ils ont élaboré des textes contenant un but principal (e.g. « *kill the president* ») et un sous-but permettant d'atteindre ce but général (e.g. « *use his rifle* »). Trois versions expérimentales du texte existaient : dans la version *Contrôle*, le but général était immédiatement atteint ; dans la version *Deuxième Essai* un problème empêchait le protagoniste d'atteindre le sous-but mais il réessayait immédiatement de l'atteindre ; enfin, dans la version *Remplacement*, à la suite du problème empêchant le sous-but d'être atteint, le protagoniste remplaçait ce sous-but par un autre (e.g. « *reach his grenades* »). Ainsi, les auteurs ont fait varier la cohérence globale du texte entre les conditions mais ont maintenu la cohérence locale. Après avoir lu une des versions du texte, les participants ont réalisé une tâche de reconnaissance d'un mot cible, correspondant au but principal (e.g. *Kill*) ou au sous-but (e.g. *Rifle*). D'après l'approche minimaliste, le but principal ne devrait pas être utilisé quelle que soit la version de l'histoire, puisque la cohérence locale est maintenue. Ainsi, les temps de réponse du mot cible correspondant au but principal ne devraient pas varier selon les conditions expérimentales. Les résultats obtenus sont en accord avec les auteurs : pour le mot cible correspondant au but principal (*Kill*), les participants ne présentent pas de différences de taux ni de temps de réponse en fonction des conditions expérimentales. Cependant, pour le mot cible faisant référence au sous-but (*Rifle*), les participants répondent plus rapidement et plus précisément après avoir lu la condition *Deuxième Essai* qu'après avoir

lu les conditions *Contrôle* et *Remplacement*. Les auteurs interprètent ces résultats comme la mise en évidence que les participants produisent automatiquement les inférences de cohérence locale alors que les inférences de cohérence globale ne le sont pas.

Afin de confirmer ces premiers résultats, les auteurs ont réalisé une seconde expérience dans laquelle ils ont manipulé la cohérence locale et globale des textes, alors que seule la cohérence globale avait été manipulée dans l'Expérience 1. Chaque texte était composé d'une section introduction, dans laquelle un protagoniste était présenté avec un but qu'il souhaite atteindre, et d'une section continuation qui pouvait soit continuer le texte en maintenant la cohérence (*Condition Contrôle*) soit entraîner une rupture de cohérence (*Condition Problématique*). Après avoir lu chaque texte, les participants réalisaient une tâche de reconnaissance d'un mot cible faisant référence au but original. Les auteurs ont élaboré deux types de textes afin que l'incohérence induite par la *Condition Problématique* se situe soit au niveau global soit au niveau local. Par exemple un texte incohérent globalement introduit Curtis comme étant un joueur de tennis qui, blessé à l'épaule, souhaitait s'entraîner avec un ami avant un match important. Dans la *Condition Contrôle* l'ami de Curtis venait jouer avec lui, alors qu'il refusait dans la *Condition Problématique*. À la suite de ce refus, Curtis décidait de rentrer chez lui pour analyser des vidéos de ses services. Ici, le choix de Curtis d'analyser ses services est cohérent avec le fait que son ami ait refusé de jouer avec lui (i.e. cohérence locale) mais est incompatible avec le fait que Curtis a besoin de s'entraîner à la suite de sa blessure (i.e. incohérence globale). Concernant les textes incohérents localement, l'un d'entre eux introduisait Diane qui voulait perdre du poids et décidait de faire du vélo pour atteindre ce but. Dans la *Condition Contrôle*, le texte explique que Diane parcourait tous les jours plusieurs kilomètres, alors que dans la *Condition Problématique*, le vélo de Diane étant cassé, elle décidait d'aller acheter du raisin et des yaourts. Ici, le fait d'aller acheter du raisin et des yaourts est incohérent avec le fait que le vélo soit cassé (i.e. incohérence locale) mais est cohérent avec l'objectif de perte de poids (i.e. cohérence globale). À la suite du texte, les mots cibles « entraînement » pour l'histoire de Curtis, et « poids » pour l'histoire de Diane étaient présentés aux participants. D'après l'approche minimaliste, la condition *Continuation Problématique* pour les textes avec une incohérence locale (e.g. l'histoire de Diane) devrait entraîner l'utilisation des informations globales par le lecteur, se traduisant par des temps de réponse plus courts pour le mot cible par rapport à la condition *Continuation Contrôle*. Alors que pour les textes contenant seulement une incohérence globale (e.g. l'histoire de Curtis), les auteurs ne s'attendaient pas à voir apparaître de différences dans les temps de réponse. Les résultats

obtenus sont ceux attendus par McKoon et Ratcliff, validant l'hypothèse que les inférences de cohérence globale ne sont produites que si la cohérence locale est rompue.

### **2.2.2. L'approche maximaliste (Graesser et al., 1994)**

En réponse à l'article de McKoon et Ratcliff (1992), Graesser et ses collaborateurs ont développé en 1994 l'approche maximaliste basée sur le principe de *Search (or effort) after meaning* (Bartlett, 1932, cité par Graesser et al., 1994). Selon les auteurs, l'activité de compréhension est fondamentalement stratégique et est guidée par la recherche de la signification. Sur cette base, les auteurs développent trois hypothèses principales soutenant leur approche. Premièrement, l'hypothèse du but du lecteur stipule que le lecteur construit une représentation du sens du texte en fonction de ses buts de lecture. Deuxièmement, l'hypothèse de la cohérence explique que le lecteur construit une représentation du sens porté par le texte qui soit cohérente au niveau local et au niveau global. Enfin, l'hypothèse de l'explication stipule que le lecteur cherche à comprendre pourquoi les actions, les événements et les états sont mentionnés dans le texte. Dit autrement, selon cette approche le lecteur fournit tous les efforts qui garantissent l'élaboration d'une représentation la plus cohérente possible répondant aux objectifs fixés. Les auteurs proposent une catégorisation des inférences qui reposent sur le moment auquel elles seraient produites : au cours de la lecture ou après la lecture. Ainsi trois types d'inférences seraient produites systématiquement au cours de la lecture : (1) les inférences concernant les buts superordonnés des protagonistes motivant les actions explicitement décrites par le texte ; (2) les inférences concernant les antécédents causaux, permettant d'expliquer pourquoi telle action, tel événement ou tel état sont explicitement mentionnés dans le texte ; et (3) les inférences concernant la thématique globale du texte qui intègrent les différents *chunks* principaux du texte ou qui véhiculent le point central du message.

De plus, les auteurs se positionnent explicitement contre l'approche minimaliste sur trois points. Premièrement, concernant les inférences produites, l'approche minimaliste stipule qu'en situation de lecture *a minima* le lecteur ne produit systématiquement que deux types d'inférences : celles dont les informations sont facilement et rapidement disponibles et celles concernant la cohérence locale. De son côté, l'approche maximaliste réfute l'existence d'une compréhension sans but précis de la part du lecteur : la compréhension serait une activité stratégique où le lecteur produit tous les efforts possibles pour construire une représentation cohérente du texte. Deuxièmement, les approches s'opposent sur les processus permettant la production d'inférences, l'approche minimaliste distingue les inférences produites grâce à des

processus automatiques de celles produites grâce à des processus stratégiques. L'approche maximaliste, quant à elle, réfute la distinction automatique-stratégique, mais distingue les inférences produites au cours de la lecture (*onlines*) de celles produites après la lecture (*offlines*). Enfin, concernant les inférences de cohérence globale, l'approche minimaliste prône l'idée qu'elles sont produites seulement en cas de rupture de la cohérence locale, alors que, d'après l'approche maximaliste, elles sont systématiquement produites.

D'un point de vue expérimental, les partisans de l'approche maximaliste ont également réalisé un ensemble de travaux pour vérifier leurs hypothèses. Notamment Suh et Trabasso (1993) ont remis en question les résultats de l'Expérience 2 de McKoon et Ratcliff (1992). Pour rappel, les résultats démontrent que les inférences concernant les buts superordonnés des protagonistes ne sont pas systématiquement produites. Dans leur expérience, le mot cible faisant référence au but principal n'entraîne pas de différence de temps de réponse, qu'il soit atteint ou non. Ces résultats ont été interprétés comme étant en accord avec l'approche minimaliste mais pas avec l'approche maximaliste. Cependant, Suh et Trabasso soulignent deux limites à cette étude. Premièrement l'hypothèse minimaliste s'appuie sur une absence de différence significative entre les conditions expérimentales concernant le mot qui réfère au but global. Dit autrement, l'affirmation de cette hypothèse repose sur l'acceptation de l'hypothèse nulle. Deuxièmement, les auteurs expliquent que la dernière phrase des textes expérimentaux, censée entraîner la production de l'inférence, n'est pas reliée causalement au but principal mais plutôt au sous-but. De ce fait, l'approche maximaliste ne suppose pas non plus la production systématique d'une inférence liée au but principal.

Les auteurs ont ainsi réalisé une série d'études testant la production d'inférences relatives au but du protagoniste. Ils ont créé des textes où le but pouvait être atteint ou non. Tous les textes commençaient par exposer le but principal du protagoniste (e.g. « *Jimmy wanted to have a new bike* »), suivi d'une information précisant si le but était atteint ou non. Le texte continuait dans les deux conditions par l'introduction d'un deuxième but (« *Jimmy wants to earn some money* »). Ce deuxième but présentait la particularité d'être relié au but principal dans la version but non atteint dans la mesure où le protagoniste, n'ayant pas encore de vélo, « gagner de l'argent » constitue un but à atteindre répondant à l'objectif initial, alors que dans la version but atteint, ce deuxième but n'est plus relié au premier et ne constitue plus un sous-but permettant d'atteindre le but principal. Les deux versions du texte se terminaient par un dernier événement « *He went to a department store* », suivi d'une phrase finale qui variait selon les deux versions

« *He bought a new bike/basketball* » (respectivement : but non atteint/but atteint). Dans la version but non atteint, ces deux phrases devraient entraîner une inférence reliant ces informations avec le but principal, ce qui n'est pas le cas dans la version but atteint.

Les auteurs ont testé la disponibilité en mémoire de l'information relative au but initial, en testant la reconnaissance de mots reliés à ce but à différents moments du texte. L'une de ces mesures était après l'introduction du deuxième but, moment où, les deux approches prédisent des résultats différents. Après lecture du sous-but « *Jimmy wants to earn some money* » l'approche maximaliste suppose que dans la condition but non atteint, l'information relative au but principal doit être plus facilement disponible que dans la condition but atteint. Le lecteur produisant des inférences afin d'expliquer la cause des événements décrits par le texte, devrait générer l'inférence permettant de relier l'envie de gagner plus d'argent avec l'envie d'avoir un vélo. L'approche minimaliste, quant à elle, ne prédit pas de différence, car il n'existe pas de raison de supposer que cette information soit facilement et rapidement disponible à ce moment de la lecture. Les résultats montrent des temps de reconnaissance plus rapides dans la condition but non atteint que dans la condition but atteint, compatible avec l'idée défendue par l'approche maximaliste selon laquelle le lecteur produit des inférences reliées aux buts superordonnés des protagonistes.

L'étude de Dopkins et al. (1993) est un exemple de cette contradiction dans les résultats. Leur étude testait l'accessibilité des informations relatives au but. D'une manière similaire aux autres études, deux versions de textes ont été élaborées, toutes deux introduisant un but principal que le protagoniste essaie d'atteindre (e.g. « *to nab the thief* »). Dans la version contrôle, ce but était atteint immédiatement (e.g. le voleur était immédiatement démasqué) alors qu'il ne l'était pas dans la version but non atteint. Dans cette dernière condition, seule la phrase finale suggérait l'atteinte du but « *the captain had the purser brought to his office* ». À la suite, les participants ont réalisé une tâche de reconnaissance de mots, ces derniers faisant référence au but à atteindre, dans notre exemple *thief*. Les résultats indiquent que ces derniers sont plus facilement accessibles dans la version but non atteint que dans la version contrôle. Selon les auteurs, ces résultats indiquent que les participants ont reliés le mot *purser* au but principal, et par conséquent supposé que le commandant de bord est le voleur, résultats en faveur de l'approche maximaliste. Cependant, les auteurs ont modifié leur matériel, en ajoutant une phrase dans les textes expérimentaux où le mot *purser* était introduit avant la dernière phrase. Avec ce nouveau matériel, les participants n'ont pas reconnu plus rapidement le mot cible *thief* dans la version

but non atteint par rapport à la version contrôle. Il semblerait que les participants n'élaborent pas d'inférences reliant la dernière phrase avec le but principal (i.e. inférence de cohérence globale), alors même que ce dernier n'est pas atteint. Les résultats de cette version sont cette fois-ci en faveur de l'approche minimaliste. Ainsi l'étude de Dopkins et al. (1993) n'est en faveur ni de l'approche minimaliste ni de l'approche maximaliste.

D'autres études se sont quant à elles, intéressées à la question du maintien systématique par les lecteurs de la cohérence globale, tel que supposé par l'approche maximaliste. Dans leur ensemble, ces recherches sont venues infirmer les résultats obtenus par McKoon et Ratcliff (1992), en révélant que le lecteur détecte des incohérences globales mêmes lorsque la cohérence locale est maintenue. C'est le cas notamment de l'expérience d'Albrecht & O'Brien (1993) que nous avons déjà décrite dans le Chapitre 1 (Albrecht & O'Brien, 1993; O'Brien & Albrecht, 1992) et qui pour rappel, montre que la phrase cible « *Mary ordered a cheeseburger and fries* » est lue par les participants plus lentement lorsque Mary est préalablement présentée comme végétarienne plutôt qu'adorant les fast-foods. Il est en effet important de souligner que dans cette étude la phrase cible est incohérente globalement mais cohérente localement. Ces résultats suggèrent ainsi que les participants détectent l'incohérence globale malgré un maintien de la cohérence locale, confirmant l'hypothèse de l'approche maximaliste.

En conclusion de ce débat qui a eu lieu dans les années 1990 entre les approches minimaliste et maximaliste, les études, présentées non exhaustivement ici, montrent expérimentalement des résultats pouvant supporter à leur tour les deux approches, ne permettant de confirmer ni l'une ni l'autre. Cependant, une des limites qu'il est possible de formuler envers cet ensemble de travaux est que les études sont restées focalisées sur la nature des inférences supposées être produites par le lecteur en posant la question du caractère automatique de leur production. Aucune étude n'a porté sur les processus sous-tendant la production d'inférences, alors même que l'approche minimaliste et l'approche maximaliste divergent sur cet aspect. C'est de ce constat que l'approche BM a émergé.

## **2.2. L'approche du traitement de texte basé sur la mémoire (McKoon & Ratcliff, 1998; Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999)**

### **2.2.1. Hypothèses générales**

L'approche BM porte sur les processus permettant la production d'inférences, quel que soit le type d'inférences produites. Cette approche propose une manière alternative d'étudier les inférences produites au cours de la lecture de texte : plutôt que de se focaliser sur la nature des inférences produites, cette approche répond à la question de la manière dont sont produites les inférences. L'approche BM découle directement de l'approche minimaliste, en partageant le postulat qu'il existe des processus automatiques et des processus stratégiques qui sont impliqués dans la production d'inférences. De plus, toujours en accord avec l'approche minimaliste, l'approche BM suppose que les inférences produites automatiquement sont celles dont les informations nécessaires sont facilement et rapidement disponibles en MDT. Cependant, elle se différencie de l'approche minimaliste en ne faisant pas de prédictions quant au type d'inférences automatiquement produites. Elle suppose en effet que toute inférence dont les informations sont facilement disponibles en MDT peut être automatiquement produite. Ainsi, aucune hypothèse n'est faite sur les inférences de cohérence locale ou globale, ce qui était pourtant l'un des débats centraux entre l'approche minimaliste et maximaliste. Un second postulat, central dans l'approche BM, concerne la nature des processus automatiques soutenant la production d'inférences. En effet, au sein de cette approche, il est considéré que les processus automatiques impliqués dans la production d'inférences sont de nature mnésique, et par conséquent non spécifiques à l'activité de compréhension de textes. Ainsi, les processus automatiques impliqués dans le traitement des informations textuelles sont les mêmes que ceux impliqués dans de multiples activités cognitives.

Afin d'expliquer comment les informations deviennent facilement (ré)accessibles en mémoire, Myers et O'Brien (1998; O'Brien & Myers, 1999) ont développé le modèle de résonance. Pour expliquer l'accès aux informations, les auteurs s'appuient sur les modèles globaux de la mémoire envisageant le processus de récupération en mémoire comme étant global, passif, automatique et rapide (e.g. Gillund & Shiffrin, 1984; Hintzman, 1986; Kintsch, 1988). Lorsqu'une nouvelle information entre dans le système, celle-ci, combinée avec les informations actuellement actives en mémoire sert de signal à l'ensemble de la mémoire. Ainsi, toute information en mémoire ayant des caractéristiques en commun avec le signal entre alors en résonance en réponse à ce signal. Les éléments activés par le signal initial engendrent à leur

tour l'envoi d'un signal à l'ensemble de la mémoire. S'ensuit alors un jeu de résonances, activant de ce fait divers éléments dans l'ensemble de la mémoire. Lorsque le système se stabilise, les éléments qui ont été les plus activés sont alors intégrés en mémoire permettant ainsi l'interprétation des informations actuellement traitées par le lecteur. Deux caractéristiques du processus de résonance sont importantes. Premièrement, le processus est non-restreint et fonctionne sur l'ensemble de la mémoire : ainsi il permet aussi bien l'accès aux informations précédentes du texte, qu'aux connaissances générales du lecteur. Deuxièmement, le processus est considéré comme dénué d'intelligence. Ce terme traduit le fait que n'importe quelle information en mémoire possédant des caractéristiques en commun et résonnant suffisamment peut être intégrée en mémoire, et ce indépendamment de sa pertinence.

### **2.2.2. Hypothèses expérimentales**

D'après Guéraud (2016), il découle des principaux postulats de l'approche BM, cinq hypothèses expérimentales qui ont été testées empiriquement au cours des deux dernières décennies. Nous avons fait le choix d'illustrer ces hypothèses par une seule étude malgré l'existence dans la littérature de très nombreux travaux (pour une revue plus détaillée des recherches, nous renvoyons le lecteur vers Cook & O'Brien, 2015, ainsi que Guéraud, 2016).

La première (H1) est transversale à l'ensemble des autres hypothèses dans la mesure où elle stipule que toutes les inférences, indépendamment du type, sont produites grâce aux mêmes processus et ainsi sous les mêmes conditions. Elle implique ainsi que les quatre autres hypothèses expérimentales, que nous allons développer par la suite, s'appliquent quelle que soit l'inférence produite.

La seconde hypothèse (H2) repose sur l'idée que les processus sous-tendant la production d'inférences sont de nature mnésique, ainsi la production d'inférences est par définition influencée par des facteurs mnésiques. Autrement dit, la probabilité de produire une inférence dépend de facteurs mnésiques tels que la récence, le niveau d'élaboration ou encore l'appartenance ou la typicité catégorielle. Rizzella et O'Brien (1996) ont réalisé une série d'expériences afin d'examiner l'influence de la récence et du niveau d'élaboration d'une information sur la production d'inférences causales. Afin de manipuler le facteur récence, dans chaque expérience les participants ont lu des textes dans lesquels deux causes possibles peuvent expliquer un événement final. Par exemple, un des textes expérimentaux se terminait par la phrase « *[Billy] knew that once his father came home he would be in trouble* » qui peut être



expliquée par deux événements mentionnés préalablement dans le texte, l'un présenté au début du texte et qualifié d'événement précoce (e.g. Billy a perdu ses clés) et l'autre mentionné par la suite et ainsi qualifié d'événement tardif (e.g. Billy a cassé une fenêtre pour pouvoir rentrer chez lui). De plus, deux versions de chaque texte ont été construites, l'une où l'antécédent causal précoce est élaboré (condition *Élaboration*), et l'autre où aucun des deux antécédents n'est élaboré (condition *Sans Élaboration*) dans le but d'introduire une variation en termes de niveau d'élaboration des informations. Notons que dans cette expérience l'élaboration n'est pas quantitative, c'est-à-dire reposant sur le nombre de fois où une information est citée, mais qualitative par l'ajout d'éléments contextuels renforçant l'importance de l'événement. Ainsi, dans la condition *Élaboration* quatre phrases ont été ajoutées afin d'élaborer sans que l'antécédent précoce ne soit cité plus souvent. L'objectif de l'étude était de voir quelle inférence causale le lecteur produit, c'est-à-dire quel événement sera utilisé pour interpréter la phrase finale, et plus spécifiquement de montrer que celle produite dépend de la facilité avec laquelle le lecteur récupère l'un ou l'autre des antécédents causaux. Pour ce faire, les participants ont réalisé une tâche de dénomination d'un mot cible immédiatement après la lecture de la dernière phrase. Le mot à dénommer faisait soit référence à l'antécédent précoce (e.g. *key*) soit à l'antécédent tardif (e.g. *window*). Dans l'Expérience 1A, la phrase conséquence entraînant la production de l'inférence était précédée d'une phrase où l'antécédent tardif était mentionné. L'antécédent était ainsi encore disponible en mémoire lorsque la phrase conséquence est traitée par les participants. Dans cette expérience, il a été observé que les participants dénommaient plus rapidement l'antécédent tardif que l'antécédent précoce pour la condition *Sans Élaboration*. Concernant la condition *Élaboration* aucune différence entre les temps de dénomination n'a été observée.

Afin de confirmer leurs résultats, les auteurs ont reproduit leur étude en modifiant les textes de manière à ce que l'événement tardif ne soit plus activé en mémoire lorsque les participants rencontraient la dernière phrase (Expérience 2A). Cette modification n'a pas engendré de changement de pattern dans la condition *Sans Élaboration*, les temps de dénomination sont restés plus courts pour l'antécédent tardif que l'antécédent précoce. Par contre, dans la condition *Élaboration* les participants ont dénommé plus rapidement l'antécédent précoce que l'antécédent tardif. L'ensemble de ces résultats est interprété comme démontrant que la production d'une inférence causale est influencée par la récence et le niveau de l'élaboration de l'antécédent, facteurs qui déterminent la facilité et la rapidité avec lesquelles les informations deviennent disponibles pour le lecteur. Lorsque deux informations sont d'un

niveau d'élaboration équivalent, la rapidité d'accès est déterminée par la récence, une information mentionnée plus récemment étant récupérée plus rapidement qu'une information mentionnée plus tôt dans le texte. Cependant, élaborer une information dans le texte et donc en mémoire peut contrecarrer un tel effet, et favoriser la récupération d'une information plus ancienne au dépend d'une plus récente. De tels résultats ont été répliqués avec d'autres types d'inférences pourtant considérées comme obligatoires et donc systématiquement produites, confirmant la première hypothèse (H1). L'influence du niveau d'élaboration a ainsi été observé sur la production d'inférences élaboratives (O'Brien et al., 1988), d'inférences prédictives (Cook et al., 2001), ou encore d'inférences instrumentales (Harmon-Vukić et al., 2009). L'influence de la typicité catégorielle sur les inférences anaphoriques a également été démontrée (Duffy & Rayner, 1990; Levine et al., 2000; O'Brien et al., 1990).

D'après le modèle de résonance, les informations sont activées en fonction de caractéristiques partagées avec le signal initial. De ce fait, la troisième hypothèse (H3) postule que la production d'inférences est guidée par les chevauchements sémantiques et contextuels entre les traces en mémoire. L'influence des chevauchements contextuels sur la production d'inférences de cohérence globale a été testé par Albrecht et Myers (1995) à l'aide du paradigme des incohérences. Dans l'Expérience 3, les chercheurs ont créé des textes organisés en deux épisodes. Deux versions du premier épisode ont été élaborées : une première version, *But Satisfait*, dans laquelle le but du protagoniste était immédiatement satisfait et une seconde, *But Non Satisfait*, dans laquelle il ne l'était pas. Le deuxième épisode était identique quelle que soient les versions, et se terminait par une phrase cible cohérente localement mais incohérente avec la version *But Insatisfait* du premier épisode. La manipulation expérimentale reposait sur le fait que la phrase précédant la phrase cible pouvait contenir ou non un indice contextuel correspondant à un objet mis en jeu dans l'épisode 1 mais qui n'avait pas de rôle dans la suite de l'histoire. Par exemple, dans l'introduction il est décrit que Mary est assise sur son canapé en cuir et regarde dans l'annuaire téléphonique afin de trouver une compagnie aérienne pour réserver un vol. Dans la condition *But Satisfait* Mary réussit à réserver son vol alors qu'elle n'y parvient pas dans la condition *But Insatisfait*. Avant la phrase cible incohérente avec le *But Insatisfait*, le canapé en cuir pouvait être réintroduit ou pas. Lorsque cet indice contextuel n'est pas présent, les auteurs ont observé que les participants lisent aussi rapidement la phrase cible, que le but soit satisfait ou non. Cependant, lorsque l'indice contextuel est présent, les participants présentent un ralentissement des temps de lecture de la phrase cible quand le but est insatisfait. Ainsi, la mention de l'indice contextuel (e.g. canapé en cuir) permet au lecteur

de réactiver les informations de l'épisode 1, à savoir que Mary n'a pas réservé son vol, information non réactivée quand l'indice contextuel n'était pas présent. Les auteurs interprètent ces résultats comme la preuve que l'accessibilité de l'information et par conséquent la production de l'inférence dépendent des chevauchements contextuels entre les traces en mémoire. Ces résultats ont été répliqués dans plusieurs études, (Albrecht & Myers, 1998; Myers & O'Brien, 1998) ainsi qu'avec des inférences déductives (Lea et al., 2005), et des inférences permettant au lecteur de suivre la localisation du protagoniste (Smith & O'Brien, 2012), confirmant que les effets sont présents quel que soit le type d'inférences produites. Ainsi cette étude valide l'hypothèse de l'approche BM, à savoir que la production d'inférences est guidée par des chevauchements sémantiques et contextuels, et ce, quel que soit le type de l'inférence produite (H1).

Quatrièmement, les inférences résultent de la convergence des activations émanant de trois sources : les informations préalables du texte, les informations en cours de traitement, et les connaissances personnelles du lecteur (H4). Par cette hypothèse, l'approche BM confère un rôle important aux connaissances du lecteur. Plusieurs études ont testé l'influence des différentes sources sur la production d'inférences prédictives. Par exemple Guéraud et al. (2008) ont testé l'hypothèse que l'activation d'une inférence prédictive n'est pas seulement déterminée par le contexte immédiat, mais par la convergence des informations précédentes du texte et les informations en cours de traitement (Expérience 1). Les participants ont lu des textes présentant un protagoniste ayant un trait de caractère particulier. Deux traits différents pouvaient être attribués au protagoniste : dans la version *Trait de Caractère Primaire* Carol est présentée comme une personne s'énervant vite, alors que dans la version *Trait de Caractère Alternatif* il est expliqué qu'elle a subi récemment une opération à l'épaule. La suite du texte était similaire pour les deux versions et se terminait par deux phrases différentes : soit une phrase évoquant la production d'une inférence (e.g. « *Carol lifted the spaghetti above his head* ») soit une phrase contrôle (e.g. « *Carol took the spaghetti and walked away* »). Les auteurs ont testé l'hypothèse qu'en fonction du trait caractéristique élaboré, l'inférence produite ne serait pas la même. Afin de tester leur hypothèse, les participants ont réalisé une tâche de dénomination d'un mot cible reflétant les inférences possibles. En fonction du trait élaboré dans la première partie, ce mot fait référence à l'inférence attendue avec le *Trait de Caractère Primaire* (e.g. *dump*) ou attendue avec le *Trait de Caractère Alternatif* (e.g. *pain*). Les temps de dénomination pour le mot cible sont plus rapides après la phrase évoquant la production de l'inférence, qu'après la phrase contrôle, quel que soit le mot cible. Ces résultats suggèrent donc

que la même phrase « *Carol lifted the spaghetti above his head* » peut entraîner la production de deux inférences différentes en fonction des informations préalables du texte. L'étude confirme ainsi que toute inférence émane de la convergence des activations qui se produisent au sein des trois sources d'informations mises en jeu lorsqu'un lecteur comprend un texte : les informations en cours de traitement, les informations préalables du texte et les connaissances du lecteur. D'autres études ont montré des résultats similaires avec le même type d'inférences (Cook et al., 2001; Lassonde & O'Brien, 2009), ou avec des inférences de cohérence (Williams et al., 2018), corroborant la première hypothèse, à savoir que toutes les inférences, indépendamment du type, sont sous-tendues par les mêmes processus.

Enfin, la cinquième et dernière hypothèse avance que le processus de résonance étant dénué d'intelligence, la pertinence de l'inférence produite n'est pas prise en compte (H5). En effet, la probabilité qu'une inférence soit produite est basée seulement sur le fait que l'information nécessaire à sa production soit facilement accessible en mémoire. Par conséquent, une inférence non pertinente pourrait être produite si les informations nécessaires à sa production sont disponibles en mémoire. Cook et al. (2014) se sont intéressés à cette hypothèse à travers trois expériences. Les textes utilisés sont similaires à ceux de Guéraud et al. (2008) : l'histoire commence par l'introduction d'un protagoniste avec la description d'un trait de caractère qui peut être soit cohérent avec l'inférence prédictive ultérieure (e.g. « *Carol was known for her short temper and her tendency to act without thinking* ») soit incohérent. Dans l'Expérience 1, l'incohérence est manipulée en rendant la caractéristique obsolète (e.g. « *Carol used to be known for her short temper [...]. Now, she put up with anyone, even when they were not nice to her* »), alors que dans l'Expérience 2 le trait de caractère est introduit par une tierce personne (e.g. « *Although it was untrue, Carol's ex-husband claimed that Carol was short-tempered and tended to act without thinking* »). Dans cette dernière condition, le texte informe explicitement que la personne ment. Les textes continuent par une phrase évoquant l'inférence (« *Carol lifted the spaghetti over his head* ») ou par une phrase contrôle (« *Carol looked at the plate of spaghetti* »). Après avoir lu le texte, les participants ont réalisé une tâche de dénomination d'un mot cible représentant l'inférence, dans notre exemple *dump*. Les résultats des Expériences 1 et 2 présentent le même pattern, à savoir que les participants dénomment plus rapidement le mot cible quand celui-ci est précédé de la phrase évoquant la production d'inférences que la phrase contrôle, et ce indépendamment de la cohérence de la caractéristique attribuée au protagoniste. Ainsi, même en sachant que Carol était colérique dans le passé mais que maintenant elle ne l'est plus, ou en sachant explicitement que ce trait caractéristique est un

mensonge, les participants produisent l'inférence prédictive « Carol va renverser l'assiette », suggérant une facilité d'accès au trait caractéristique malgré un contexte incohérent.

Afin d'affiner leurs résultats, les auteurs ont réalisé une troisième expérience. Ils ont repris les textes de l'Expérience 2 en ajoutant une suite après la phrase évoquant l'inférence ou la phrase contrôle. Vient ensuite une phrase critique mentionnant explicitement l'inférence (e.g. « *She had dumped the plate on the customer* »). Enfin, une phrase termine le texte. Les temps de lecture de la phrase critique ont été mesurés. Les participants sont significativement plus rapides pour lire la phrase critique après la phrase évoquant la production d'inférences, mais uniquement pour la condition cohérente. Cette facilité à intégrer les informations de la phrase critique aux informations préalables du texte suggère que l'inférence prédictive est instanciée uniquement lorsqu'elle est cohérente et donc pertinente au regard de la caractéristique attribuée au protagoniste.

L'étude de Cook et al. (2014) confirme l'hypothèse de l'approche BM, à savoir que la pertinence de l'inférence n'est pas prise en compte lors de son activation en mémoire. Cependant, les résultats de l'Expérience 3 suggèrent que l'inférence activée par le traitement de la phrase évoquant la production de l'inférence n'est pas systématiquement encodée au sein du modèle de la situation évoquée par le texte. Aussi, comme supposé par l'approche BM, il semblerait que la pertinence de l'inférence ne soit pas prise en compte lors d'une étape précoce de la production d'inférences, mais qu'elle le soit ultérieurement. Plusieurs études convergent vers cette idée, en utilisant des inférences de cohérence globale validant ainsi la première hypothèse de l'approche BM (Guéraud et al., 2005; Kendeou et al., 2013; O'Brien et al., 2010). Cependant, l'une des limites de l'approche BM est de ne pas expliquer le fait que la pertinence de l'inférence ne soit prise en compte qu'ultérieurement. Or, comme nous allons le démontrer dans la partie suivante, il semblerait que la validation ne constitue pas une phase ultérieure mais bien intrinsèque de la production d'inférences.

### **2.3. La validation de la pertinence des inférences produites**

S'il est depuis toujours considéré que le lecteur évalue la compréhension qu'il a du texte qu'il vient de lire, c'est-à-dire qu'il « vérifie » si le message évoqué par le texte est en accord avec ses connaissances personnelles et ses croyances, ou encore si le texte contient des

incohérences, l'idée selon laquelle cette étape constitue une activité distincte et indépendante de la compréhension est depuis une dizaine d'années remise en question. En effet, pendant longtemps il a été supposé que la validation correspondait à une étape survenant ultérieurement (e.g. Connell & Keane, 2006; Gilbert, 1991), une fois la représentation mentale de la situation évoquée par le texte élaborée par le lecteur, et impliquant des processus stratégiques opérant en fonction de connaissances générales et de standards de cohérence du lecteur (e.g. van den Broek et al., 1995).

Cependant, l'approche BM et les travaux expérimentaux découlant de cette approche ont montré que si des inférences non pertinentes peuvent être activées au cours de la lecture, elles ne sont pas systématiquement intégrées par la suite à la représentation de la situation évoquée par le texte (e.g. Cook et al., 2014; Guéraud et al., 2008). Ces données expérimentales suggèrent qu'une évaluation de la pertinence de l'inférence a lieu au cours de son élaboration. Par exemple, dans l'étude de Cook et al. (2014) les participants accèdent plus facilement au concept référent *dump* après avoir lu la phrase évoquant l'inférence. À cette étape précoce, les participants ont produit l'inférence « Carol renverse l'assiette », même si elle n'est pas pertinente avec le contexte. Cependant, en testant les participants à un stade plus tardif, l'inférence produite n'est pas instanciée en mémoire, ce qui suscite l'existence d'un processus évaluatif au cours de la production. Depuis une quinzaine d'années, plusieurs recherches empiriques et théoriques convergent vers cette hypothèse, et plus précisément vers l'idée de l'existence d'un processus de validation fonctionnant au cours de la compréhension et non plus comme une étape ultérieure et indépendante (e.g. Connell & Keane, 2006; Gilbert, 1991). Dans cette section nous allons nous intéresser particulièrement à ces différents travaux.

### **2.3.1. Un processus de validation au cœur de la compréhension**

En plus des travaux réalisés dans le cadre de l'approche BM, présentés précédemment, il existe plusieurs données expérimentales supportant l'idée que la validation fait partie intégrante de la compréhension. Par exemple, Matsuki et al. (2011) montrent dans une étude utilisant l'oculométrie (Expérience 3) que les participants détectent rapidement les anomalies sémantiques, suggérant l'existence d'une validation rapide. Les auteurs ont construit différentes versions de phrases où l'utilisation d'un objet décrit était typique ou atypique. Dans l'exemple, « *Donna used the hose/shampoo to wash her filthy car/hair after she came back from the beach* », les conditions atypiques correspondent aux versions associant le tuyau aux cheveux, et le shampoing à la voiture. Les résultats montrent que les participants enclenchent plus

souvent des mouvements oculaires vers la région précédente, et présentent des temps de fixation plus longs dans les conditions atypiques que typiques : c'est-à-dire après avoir lu le mot cheveux précédé du mot tuyau, dans notre exemple. Van Berkum et al. (1999) montrent également par une mesure des potentiels évoqués que les participants détectent rapidement des anomalies sémantiques. Dans leur étude les participants montrent un effet de la N400 commençant entre 200 et 250 ms après la lecture du mot créant l'anomalie sémantique. Ces deux études démontrent que les lecteurs évaluent rapidement le contenu sémantique de la phrase. Cette rapidité d'évaluation suggère l'existence d'une validation intrinsèque à la compréhension.

Cook et O'Brien en 2014, ont testé l'implication de la validation lors de la production d'inférences en utilisant le paradigme des incohérences développé par Albrecht et O'Brien (1993). Pour rappel, selon ce paradigme, une phrase cible incohérente avec les informations précédentes du texte sera lue plus lentement par le lecteur, même si la cohérence locale est maintenue. Ce ralentissement illustre le fait que l'individu détecte l'incohérence et donc qu'il a produit l'inférence de cohérence globale. Cook et O'Brien (2014) considèrent que ces effets d'incohérences résulteraient d'une validation des informations activées en fonction des connaissances générales du lecteur. Ils supposent ainsi que si cette interprétation est correcte, alors la taille des effets d'incohérence devrait dépendre de la force de relation entre les actions décrites dans la phrase cible et les connaissances générales du lecteur. Ils ont repris les textes où un protagoniste est décrit avec une caractéristique qui est congruente ou non avec une phrase cible. Par exemple, Mary est présentée soit comme végétarienne (condition Incohérente), soit comme adorant les fast-foods (condition Cohérente). Afin de tester l'influence des connaissances générales, les auteurs ont élaboré deux phrases cibles incohérentes en fonction de la force de relation entre l'action décrite dans les phrases cibles et les connaissances générales, permettant de connecter les événements de la phrase cible aux caractéristiques du protagoniste présentées précédemment. La phrase cible classique, à savoir « *Mary decided to order a cheeseburger* » est une phrase dont les informations sont fortement reliées aux caractéristiques du protagoniste (condition Fortement Reliée). Alors que la phrase « *Mary decided to order a tuna salad* » contient des informations plus faiblement reliées (condition Faiblement Reliée). En effet, le concept « végétarien » est fortement relié à l'idée que les personnes ne mangent pas de viande, mais moins relié à l'idée de ne pas manger de poisson. Les auteurs supposent que si l'effet d'incohérence est médiatisé par la validation des informations activées en fonction des connaissances générales, alors les caractéristiques du

protagoniste seront activées et rendues disponibles pour l'intégration, plus rapidement pour l'action fortement reliée (le cheeseburger) que faiblement reliée (la salade de thon). Ainsi, pour la phrase cible *Faiblement Reliée* les effets d'incohérence seront observés plus tardivement que pour la phrase cible *Fortement Reliée*. Pour pouvoir les observer, les auteurs ont mesuré les temps de lecture de deux phrases cibles : le ralentissement devrait être observé sur la première phrase pour la condition *Fortement Reliée*, et sur la deuxième pour la condition *Faiblement Reliée*. Comme attendu par les auteurs, aucune différence n'est observée pour la première phrase cible dans la condition *Faiblement Reliée*. Cependant, le pattern de résultats inverse est observé pour la deuxième phrase cible, à savoir un ralentissement des temps de lecture pour la phrase cible *Faiblement Reliée* entre les conditions *Incohérente* et *Cohérente*. À contrario, aucune différence n'est observée lorsque la phrase était *Fortement Reliée*.

D'autres auteurs se sont également intéressés à l'existence d'un processus de validation s'enclenchant au cours de la lecture. Richter et al. (2009) ont testé l'idée que le processus de validation est non stratégique, qu'il fonctionne rapidement et qu'il s'enclenche précocement lors du traitement de l'information. En se basant sur l'approche BM, les auteurs supposent que les informations sont validées en fonction de leur disponibilité en mémoire. Pour ce faire, ils ont utilisé dans leurs expériences des phrases affirmatives, vraies ou fausses, sous la forme « [groupe nominal] [est/a/contient/entraîne] [groupe nominal] ». De plus, la difficulté d'accès aux informations a été manipulée, créant des phrases faciles (e.g. « *Perfume contains scents* ») et des phrases difficiles (e.g. « *Krypton is a noble gas* »). Les Expériences 1 et 2 se sont déroulées en deux phases : lors de la phase d'apprentissage, les participants ont lu 96 phrases, chacune suivie d'une information sur leur véracité. Pour la moitié des phrases une sonnerie de téléphone a été entendue lors de l'apparition des mots « Vrai » ou « Faux ». Les participants devaient appuyer le plus rapidement possible sur une touche à l'entente du son. Cette sonnerie de téléphone avait pour objectif d'ajouter une charge cognitive au traitement de la phrase. Lors de la phase test, les participants devaient répondre à des questions reprenant les phrases de la phase d'apprentissage (e.g. « *Does perfume contain scents?* »), ainsi que 48 nouvelles phrases (condition contrôle). D'après les auteurs, deux patterns de réponses sont attendus en fonction de la nature du processus de validation. Si le processus est stratégique, initié par le lecteur et demande un effort cognitif, alors la sonnerie du téléphone devrait entraîner une baisse de performance pour les phrases fausses, indépendamment de la facilité de la phrase. Cependant, si le processus est automatique et dépend de l'accessibilité des informations, alors cette baisse de performance ne devrait être visible que pour les phrases difficiles et fausses. Les résultats



obtenus confirment la deuxième hypothèse : les participants présentent une baisse de performances pour les phrases difficiles et fausses uniquement (Expérience 1). Les mêmes résultats sont observés lorsque les participants reçoivent comme consigne de lire les phrases dans le but de vérifier leur véracité, ou dans l'objectif d'une tâche de rappel ultérieure (Expérience 2). Cette étude, ainsi que l'ensemble des travaux expérimentaux présentés dans cette section, sont en faveur de l'existence d'un processus de validation au cœur de la compréhension. Le lecteur détecterait rapidement des incohérences entre les informations en cours de traitement et des informations préalables du texte (e.g. Matsuki et al., 2011; van Berkum et al., 1999), et/ou ses connaissances générales (e.g. Cook & O'Brien, 2014; Richter et al., 2009).

### **2.3.2. Les caractéristiques du processus de validation**

Richter et al. (2009), ont testé la nature automatique du processus de validation dans leurs Expériences 3 et 4. Ils ont utilisé une procédure particulière nommée tâche de Stroop sémantique. Les participants devaient juger l'orthographe de mots apparaissant un par un à l'écran, les séquences de mots utilisés formant des phrases vraies ou fausses, correspondant aux phrases faciles développées pour les Expériences 1 et 2 (e.g. « *Perfume contains scents* »). L'originalité de cette étude réside ainsi dans le fait que l'évaluation de la véracité sémantique de la phrase lue n'est pas nécessaire à la réalisation de la tâche. Les auteurs ont mesuré les temps de réponse pour les essais où le mot cible était le dernier mot de la phrase. Les résultats montrent un ralentissement des temps de réponse lorsque le mot est correctement orthographié alors que la phrase est fausse, et lorsque le mot est mal orthographié alors que la phrase est vraie. Ainsi, lorsque la réponse attendue est inverse à la véracité de la phrase, les participants répondent plus lentement, que les mots soient présentés durant 750 ms (Expérience 3), 600 ms ou 300 ms (Expérience 4) et ce alors même que la tâche ne requiert pas explicitement une évaluation de la véracité de celle-ci.

Isberner et Richter en 2014, ont repris l'étude de 2009 en modifiant la tâche des participants. Pour cette étude, ils ont utilisé les phrases faciles et difficiles des Expérience 1 et 2, présentées mots par mots durant 300 ms, chaque phrase comprenant trois mots. Deux mots cibles « Vrai » ou « Faux » pouvaient apparaître à l'écran après le premier, deuxième ou troisième mot de la phrase. Les participants avaient pour consigne d'appuyer le plus rapidement possible sur la touche du clavier « Vrai » ou « Faux » lorsque les mots cibles apparaissaient (e.g. « Vrai » ou « Faux »). De plus, pour les essais où le mot cible apparaissait après le premier

mot de la phrase, les participants devaient indiquer si la phrase faisait référence à un être vivant. La réponse à cette question nécessite que le participant comprenne la phrase mais sans validation de sa part. Les auteurs ont mesuré les réponses des participants lorsque les mots cibles apparaissaient après le troisième mot, c'est-à-dire après que la phrase était présentée en entier. Pour les phrases difficiles aucune variation dans les résultats n'est observée. Cependant, pour les phrases faciles, les résultats montrent un effet de la validité : pour les phrases valides, les réponses « Vrai » sont plus rapides que les réponses « Faux ». De même, pour les phrases invalides, les réponses « Faux » sont plus rapides que les réponses « Vrai ». Le même pattern est observé au niveau des pourcentages de bonnes réponses. Cette étude montre ainsi que le lecteur évalue la pertinence de la phrase automatiquement, alors même que la tâche à réaliser ne requiert pas cette évaluation. Ces différentes études valident l'hypothèse que le processus de validation est non stratégique et qu'il opère sans intention de la part du lecteur. L'ensemble des travaux menés par Richter et ses collaborateurs corrobore l'idée que le processus de validation est automatique, passif et routinier lors de la lecture de phrases. Cependant, l'absence d'effet pour les phrases difficiles suggère qu'il faut un minimum de compréhension de la part du lecteur pour qu'une évaluation soit réalisée.

Van Moort et al. (2018) se sont également intéressés à la nature du processus de validation. Les participants ont lu des textes portant sur des sujets historiques connus de tous. Les textes sont constitués d'une introduction, d'une partie contexte, d'une phrase cible et d'une partie conclusion. Deux versions de la partie contexte ont été élaborées : le contexte est soit cohérent soit incohérent avec la phrase cible. À la suite du contexte, la phrase cible est, quant à elle, correcte ou incorrecte vis-à-vis des connaissances du lecteur. Quatre versions ont ainsi été construites : (1) Contexte cohérent – Phrase cible correcte ; (2) Contexte cohérent – Phrase cible incorrecte ; (3) Contexte incohérent – Phrase cible correcte ; et (4) Contexte incohérent – Phrase cible incorrecte. En plus de ces quatre versions, deux consignes pouvaient être données aux participants : lire le texte en se focalisant (1) sur leurs connaissances générales ou (2) sur les informations du texte. Les auteurs supposent que si la validation est un processus stratégique, alors un effet de la consigne sur la validation des phrases devrait être observé. Dit autrement, si le processus de validation est stratégique, alors les participants détecteront l'incohérence du contexte lorsqu'il leur est demandé de se focaliser sur les informations du texte. Inversement, les participants détecteront l'incohérence de la phrase cible avec les connaissances générales, lorsqu'ils doivent se focaliser sur ces-dernières. Les temps de lecture de quatre phrases ont été

mesurés : (1) la phrase cible, (2) la phrase *spill-over*<sup>1</sup>, (3) la phrase précédant la phrase cible, et (4) la phrase de conclusion. Les résultats montrent que les participants lisent les quatre phrases mesurées plus lentement, lorsqu'ils sont focalisés sur le texte, que lorsqu'ils le sont sur leurs connaissances personnelles. Cependant aucun effet d'interaction de la consigne et de l'incohérence du contexte, ou de la consigne et du type de phrase cible n'est observé. Ainsi, les participants lisent plus lentement les phrases cibles et *spill-over* pour les conditions où les phrases cibles sont incorrectes indépendamment de la consigne (i.e. les conditions Contexte cohérent – Phrase cible incorrecte et Contexte incohérent – Phrase cible incorrecte). De même, ils lisent plus lentement les phrases cibles pour la condition contexte incohérent que contexte cohérent, indépendamment de la consigne. Les auteurs interprètent l'absence des effets d'interaction comme la mise en évidence du caractère automatique du processus de validation. Les participants évaluent la pertinence des informations en cours de traitement, en fonction des informations préalables du texte et de leurs connaissances personnelles.

En 2006, Singer a testé l'influence de trois facteurs sur le processus de validation : la véracité, la négation et la pragmatique (e.g. verbes factifs ou non-factifs). Ces facteurs sont connus pour influencer la vérification intentionnelle des phrases. Il est classiquement observé un effet d'interaction Véracité\*Négation sur la vérification intentionnelle : les temps de vérification sont plus longs pour les phrases fausses affirmatives que pour des phrases vraies affirmatives ; de même, ils sont plus longs pour les phrases vraies négatives que pour les phrases fausses négatives. En plus de cet effet d'interaction, Singer a testé l'effet de la facticité des verbes sur la vérification. Il suppose que les verbes factifs sont plus longs à valider que les verbes non-factifs. Un verbe non-factif suggère la véracité des propos de la phrase (e.g. « *The policeman implied that the vehicle with the flat was a truck* »), alors qu'un verbe factif admet la véracité des propos (e.g. « *The policeman knew that the vehicle with the flat was a truck* »). Les participants présentent l'effet d'interaction Véracité\*Négation classiquement observé, mais seulement pour les verbes factifs. Il est à noter que ces résultats sont observés lorsqu'il est demandé aux participants de se focaliser sur la cohérence des phrases (Expérience 3) ou

---

<sup>1</sup> Les phrases nommées *spill-over* en anglais, correspondent aux phrases suivant les phrases cibles. Les difficultés de compréhension peuvent arriver plus ou moins tardivement. La détection d'une incohérence peut entraîner un ralentissement du temps de lecture, sur les phrases suivant celle contenant l'incohérence. Ainsi, en mesurant les temps de lecture des phrases cibles et des phrases *spill-over*, il est possible d'observer les effets précoces et tardifs liés à une difficulté de compréhension.

seulement de lire des textes sans consigne particulière (Expériences 1 et 2). De nouveau, cette étude révèle le caractère automatique de l'évaluation des phrases. Ferretti et al. (2008) ont repris la procédure en manipulant uniquement la véracité des phrases et la facticité des verbes. Ils ont mesuré des potentiels évoqués afin d'étudier plus précisément le décours temporel de la vérification au cours de la lecture de phrase. Ils ont mesuré trois périodes temporelles de l'activité cérébrale : 200-300 ms (PS), 300-500 ms (N400) et 600-1000 ms. Les résultats obtenus montrent un effet précoce, dès 200-300 ms, de l'interaction Véracité\*Facticité. Ces résultats apportent ainsi une preuve supplémentaire au caractère automatique du processus de validation, et mettent en évidence son caractère précoce.

Singer en 2013 résume dans son article les différentes caractéristiques du processus de validation. Premièrement, le sens du message induit par le texte est validé immédiatement après l'apparition de chaque mot (e.g. Ferretti et al., 2008). Deuxièmement, le processus de validation est routinier, passif et non stratégique (e.g. Isberner & Richter, 2014; Singer, 2006). Enfin, il précise dans son article en s'appuyant sur les effets d'incohérence (Albrecht & Myers, 1995; O'Brien & Albrecht, 1992), que les inférences sont validées au cours de la lecture. En se basant sur les différents travaux présentés ci-dessus, plusieurs auteurs ont ainsi reconsidéré la conception de la validation. Ils proposent l'existence d'un processus automatique de validation qui serait inhérent à l'activité de compréhension (e.g. Cook & O'Brien, 2014; Richter, 2015; Richter & Maier, 2017; Richter & Rapp, 2014; Singer, 2013). Richter en 2015 donne un rôle central à la validation dans la construction d'une représentation mentale de la situation évoquée par le texte. La validation est ainsi considérée comme faisant partie intégrante des processus impliqués lors de la compréhension de textes. La compréhension et la validation ne sont plus envisagées comme deux activités cognitives distinctes. Richter et Maier (2017) proposent ainsi un modèle de validation en deux temps. Ce modèle ne nie pas l'existence d'une validation stratégique de la part du lecteur, mais il ajoute une validation automatique à cette dernière. Deux processus de validation prendraient part à la compréhension de textes. Dans un premier temps, un processus de validation automatique, qui validerait la plausibilité des éléments de la phrase. Cette étape serait involontaire et fonctionnerait passivement quels que soient les buts ou motivations du lecteur. Puis dans un second temps, un processus, quant à lui stratégique, fonctionnerait sous l'impulsion du lecteur et ce en fonction de ses buts de lecture et de ses standards de cohérence.

Dans cette présente thèse, nous nous sommes particulièrement intéressés à ce processus de validation automatique, et à son rôle dans la compréhension. L'idée de l'existence d'un processus de validation inhérent à la compréhension a été incluse dans le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b). Dans ce modèle, que nous présentons ci-après, les auteurs décrivent le fonctionnement des processus permettant la production des inférences en incluant le processus de validation à ces derniers. Ce modèle est le premier à inclure la validation comme un processus au cœur de la compréhension.

#### **2.4. Le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b)**

En se basant sur les travaux portant sur le processus de validation, O'Brien et Cook répondent à la limite principale de l'approche BM en développant le modèle RI-Val, nommé ainsi pour *Resonance, Integration, Validation* (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b). Leur réflexion s'est développée autour de la question du devenir des inférences. Comme nous l'avons exposé dans la section 2.2 de ce chapitre, l'approche BM postule que les inférences sont produites quelle que soit la pertinence de cette dernière. Dans l'étude de Cook et al. (2014), les auteurs démontrent que les informations permettant la production d'une inférence sont accessibles suite à la phrase évoquant cette production, indépendamment de la pertinence de l'inférence par rapport au contexte. Cette accessibilité traduit l'existence d'une inférence produite non pertinente. Cependant, par la suite, les inférences non pertinentes ne sont pas incrémentées (Expérience 2). Ainsi, une étape supplémentaire prend place entre l'activation d'une inférence et son incorporation dans la représentation mentale du message induit par le texte. Les auteurs ajoutent cette évaluation au sein même de l'élaboration de l'inférence via un processus de validation.

Le modèle RI-Val décrit le fonctionnement des processus permettant la production d'inférences, et découle directement de l'approche BM. De ce fait, il en partage les mêmes hypothèses théoriques et opérationnelles (cf. sections 2.2.1 et 2.2.2 du présent chapitre). Pour rappel, l'approche BM postule, entre autres, que les inférences produites automatiquement au cours de la lecture sont celles dont les informations sont facilement et rapidement disponibles en mémoire. Les processus permettant la production d'inférences sont de nature mnésique, non spécifiques à la compréhension de textes, et sont identiques quelle que soit la nature de

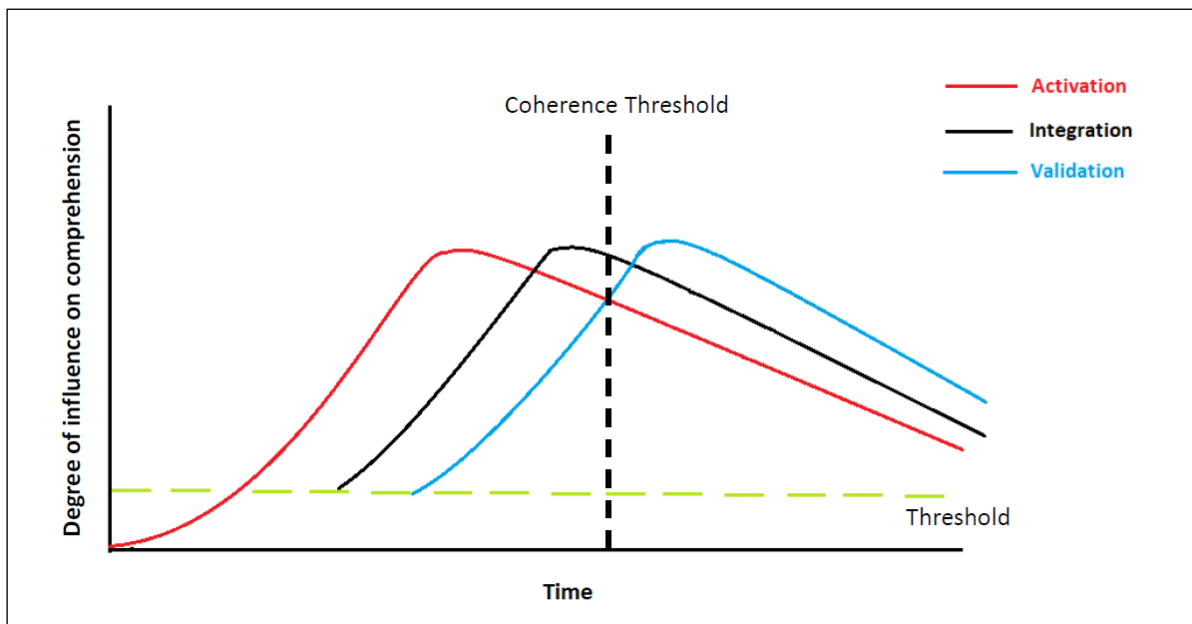
l'inférence. Enfin, les inférences sont produites indépendamment de leur pertinence. Par rapport à l'approche BM, O'Brien et Cook ajoutent deux éléments importants dans le modèle RI-Val. Premièrement, ils proposent d'adjoindre aux processus d'activation et d'intégration, classiquement décrits comme permettant la production d'inférences dans les modèles de compréhension, l'intervention d'un processus de validation. Nous présenterons plus précisément le fonctionnement de ces trois processus dans la section 2.4.1. Deuxièmement, ils développent la notion de seuil de cohérence variant au cours de la lecture. Ce seuil définit le niveau de compréhension que le lecteur doit atteindre avant d'avancer dans le texte. Par conséquent, il influence la production d'inférences, comme nous le verrons plus précisément dans la section 2.4.2. Nous avons fait le choix d'ancrer notre réflexion dans le modèle RI-Val, car celui-ci présente l'avantage de prendre en considération la validation comme un processus inhérent à la production d'inférences. De plus, même si ce modèle n'explique pas les difficultés de compréhension, il est possible d'en tirer des hypothèses explicatives.

#### **2.4.1. Le fonctionnement des trois processus**

D'après le modèle RI-Val, la production d'inférences est le résultat de l'intervention de trois processus : un processus d'activation, un processus d'intégration et un processus de validation. Comme postulé par l'approche BM, ces trois processus sont de nature mnésique et s'enclenchent passivement, sans intention de la part du lecteur. De par leur nature mnésique, ils ne sont pas spécifiques à l'activité de lecture, et sont ceux impliqués dans une multitude d'activités cognitives. En plus de ces caractéristiques partagées par l'approche BM, le modèle RI-Val suppose que les processus fonctionnent en cascade de manière asynchrone, comme illustré par la Figure 2. Cette figure illustre le degré d'influence des trois processus sur la compréhension au cours du traitement. La ligne verte discontinue représente un seuil d'activation à atteindre par un processus pour que le suivant s'enclenche : il faut un minimum d'informations activées pour que le processus d'intégration s'enclenche, et un minimum d'informations intégrées pour que le processus de validation opère. Une fois que les processus se sont enclenchés, ils fonctionnent en parallèle, c'est-à-dire que le processus d'activation continue à opérer une fois le processus d'intégration enclenché et que ces deux processus continuent eux-mêmes lors de la validation des informations. Ce fonctionnement implique également que, lorsque le lecteur avance dans le texte, les nouvelles informations du texte sont traitées alors que le processus de validation continue à opérer, influençant son fonctionnement.

**Figure 2**

*Fonctionnement du modèle RI-Val*



*Note.* Adapté d'O'Brien et Cook (2016a, 2016b).

Le processus d'activation, appelé aussi résonance, fonctionne comme décrit dans le modèle de résonance (Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999). La lecture d'un mot entraîne l'activation de toutes les connaissances en mémoire reliées à celui-ci. Les connaissances activées vont à leur tour activer l'ensemble des connaissances reliées à cette activation primaire. De multiples activations vont ainsi se produire, créant un va-et-vient entre les connaissances jusqu'à stabilisation du système. L'une des caractéristiques importantes du processus d'activation est l'absence de restriction au niveau des activations en mémoire. Puisque les connaissances activées activent à leur tour d'autres connaissances, l'ensemble des connaissances générales du lecteur peuvent être activées et par conséquent être disponibles en MDT au cours du traitement. Après stabilisation du système, les informations les plus activées en mémoire vont alors être intégrées aux informations en cours de traitement. Comme illustré par la Figure 2, le nombre d'informations activées doit dépasser un seuil minimum (représenté en vert) pour influencer la compréhension. Le processus d'intégration s'enclenche à l'atteinte de ce seuil. À ce moment du traitement, des inférences sont élaborées sans prise en compte de leur pertinence. Il faut attendre l'enclenchement du processus de validation, pour permettre à l'inférence d'être évaluée et, si elle est pertinente, celle-ci fera alors partie intégrante de la représentation mentale du texte.

Ce processus de validation s'enclenche lorsqu'un minimum d'informations a été intégré. Il permet de valider la pertinence de l'inférence produite. Cette validation se fait passivement sur la base des informations actuellement disponibles en MDT, c'est-à-dire les informations du texte en cours de traitement mais également des informations préalables du texte réactivées ainsi que des connaissances personnelles du lecteur. Elle permet ainsi la détection d'incohérences au sein du texte, mais également la confrontation des informations fournies par le texte avec les connaissances générales du lecteur. Plusieurs facteurs peuvent influencer la validation. Par exemple, les travaux de Richter (Isberner & Richter, 2014; Richter et al., 2009) présentés précédemment, démontrent que le processus de validation est influencé par l'accessibilité des informations. Lorsqu'elles sont difficilement disponibles, le lecteur ne détecte pas systématiquement l'incohérence de la phrase. Par conséquent, en fonction du contexte et particulièrement de l'accès aux informations liées au contexte, les connaissances personnelles ou les informations préalables du texte peuvent avoir un poids plus ou moins important sur la validation. Plus les informations du contexte sont facilement et rapidement disponibles, plus la probabilité qu'elles influencent la compréhension est importante.

L'influence des connaissances générales, ainsi que celle des informations précédentes du texte, a été corroborée expérimentalement par l'étude de Williams et al. (2018). Plus précisément, ils ont testé l'hypothèse que la pertinence de l'inférence produite est évaluée sur la base du contenu actuellement actif en MDT pouvant renvoyer à des informations préalables du texte et/ou des connaissances générales du lecteur. Afin de tester leur hypothèse, les auteurs ont utilisé le paradigme des Illusions de Moïse. Ce paradigme a été développé en partie par les travaux de Reder (e.g. Kamas et al., 1996; Reder & Cleeremans, 1990; Reder & Kusbit, 1991). Dans leurs études, les participants devaient répondre à des questions contenant des erreurs sémantiques (e.g. « *How many animals of each kind did Moses take on the Ark?* »). Lorsque l'anomalie, ici *Moses*, est fortement reliée au terme correct *Noah*, les participants échouent à détecter l'erreur dans au moins 40% des cas. Williams et al. ont intégré cette illusion dans des textes expérimentaux. Chaque texte comportait une section contexte faisant référence à des caractéristiques partagées par l'item correct (e.g. *Noah*) et l'item incorrect (e.g. *Moses*). Deux versions ont été élaborées : dans la condition *Contexte Fort*, six caractéristiques partagées sont données (e.g. *religious figure, Old Testament*) ; alors que dans la condition *Contexte Faible*, seules deux caractéristiques sont présentes. Les auteurs se sont intéressés aux temps de lecture de la phrase cible, qui était correcte ou incorrecte (e.g. « *Noah/Moses brought two animals of each kind of the Ark* ») et de la phrase *spill-over*. Les résultats montrent une augmentation des



temps de lecture pour les phrases cibles incorrectes par rapport aux phrases correctes mais uniquement pour la condition *Contexte Faible*. Cependant, les résultats font également apparaître que dans la condition *Contexte Fort*, la détection de l'incohérence sémantique est retardée, c'est-à-dire qu'elle est observée sur la phrase *spill-over* (Expérience 1). En revanche, quand la phrase cible est espacée par plusieurs phrases du contexte, des temps de lecture plus lents sont mesurés sur la phrase cible et la phrase *spill-over* pour la condition incorrecte, que le contexte soit fort ou faible (Expérience 2). Les résultats de ces deux premières expériences confirment l'hypothèse que la validation peut être influencée parfois par les informations du texte et parfois par les connaissances générales du lecteur. La probabilité que les informations du texte influencent la compréhension dépend du nombre d'indices contextuels : lorsque ce dernier est élevé, les informations provenant du texte ont une influence plus importante et plus précoce que les connaissances générales du lecteur. À l'inverse, quand le nombre d'indices contextuels est faible, les connaissances générales du lecteur influencent plus fortement le processus de validation que les informations du contexte.

L'objectif des Expériences 1 et 2 était de manipuler la force du contexte afin de montrer l'influence des connaissances générales ou des informations contextuelles sur le processus de validation. Cependant, dans ces études, la différence entre les conditions repose sur les connaissances générales du lecteur. Ainsi, les auteurs ont réalisé les Expériences 3A et 3B où la différence entre les conditions repose sur le contexte, afin de tester l'influence des informations contextuelles sur la validation. Ils ont repris les textes de l'Expérience 1 en remplaçant la condition *Contexte Faible* par une condition *Contexte Fort Focalisé*. Dans cette condition, les caractéristiques développées sont reliées spécifiquement au terme correct (e.g. « *a great flood* », Expérience 3A), ou au terme incorrect (e.g. « *parted the Red Sea* », Expérience 3B). La condition *Contexte Fort* reste identique à l'Expérience 1 et est renommée *Contexte Fort Non Focalisé*. Les résultats sur les phrases cibles sont identiques pour les deux expériences, à savoir des temps de lecture plus longs pour les phrases incorrectes, uniquement pour la condition *Contexte Fort Focalisé*. Cependant, les résultats sur la phrase *spill-over* présentent des patterns différents : dans l'Expérience 3A, aucune différence de temps de lecture n'est observée ; alors que dans l'Expérience 3B, les phrases *spill-over* sont lues plus lentement lorsqu'elles suivent la phrase incorrecte, et ce quel que soit le contexte. Les résultats confirment (1) l'influence des informations préalables du texte sur le processus de validation, et (2) l'existence d'effets précoces et tardifs du processus de validation. Quand le contexte fort fait référence à un item spécifique, les informations préalables du textes activées permettent aux

participants de détecter immédiatement l'erreur. Cette difficulté de lecture peut également continuer alors même que le lecteur a atteint le seuil de cohérence et a avancé dans le texte (Expérience 3B). Quand le contexte fort n'est pas spécifique à un item en particulier, les participants présentent des patterns de réponses identiques à l'Expérience 1, à savoir des effets liés une validation plus tardive.

L'étude de Williams et al. (2018) permet de confirmer l'hypothèse selon laquelle la pertinence des informations en cours de traitement est évaluée sur la base des informations actuellement disponibles en mémoire, c'est-à-dire les informations précédentes du texte et/ou les connaissances générales du lecteur. Des résultats similaires ont également été obtenus avec des textes de fantasy (Creer et al., 2018). Nous pouvons noter que les résultats des Expériences 1 et 2 suggèrent que la probabilité que les informations préalables du texte ou les connaissances générales du lecteur impactent la compréhension est liée à la rapidité avec laquelle les informations deviennent disponibles en mémoire. Cette hypothèse a été testée par Guéraud et al. (2018). Plus précisément, les auteurs ont testé l'impact de l'ordre de présentation des informations sur la validation des informations mentionnées dans une phrase cible. Ils ont adapté les textes de l'Expérience 1 de Guéraud et al. (2005). Les participants ont lu des textes où un protagoniste est présenté avec un trait caractéristique spécifique. À la fin du texte, une phrase cible est présentée (e.g. « *[Carol] had always wanted to go skydiving* »). Le trait caractéristique a été manipulé afin de créer quatre conditions expérimentales. Dans la condition *Cohérente* Carol est décrite comme aimant travailler en haut d'un gratte-ciel, alors qu'elle est décrite comme ayant le vertige dans la condition *Incohérente*. Deux autres conditions ont été élaborées où les deux informations sont présentées dans un ordre différent : dans la condition *Qualified-First*, Carol est présentée comme aimant désormais être en hauteur, alors que ce n'était pas le cas auparavant. À l'inverse, dans la condition *Qualified-Second*, Carol est présentée comme quelqu'un qui avait le vertige mais ne l'a plus. Les résultats montrent que les phrases cibles sont lues plus lentement dans la condition *Incohérente* que dans les trois autres conditions. Cependant, cette étude montre des résultats plus intéressants : les participants lisent plus lentement la phrase cible dans la condition *Qualified-First* que dans les conditions *Qualified-Second* et *Cohérente*. La différence de temps de lecture entre les conditions *Qualified-First* et *Qualified-Second* confirme l'idée que les informations les plus facilement disponibles influencent d'autant plus le processus de validation. Quand l'information la plus récente, et par conséquent la plus facilement disponible, est cohérente avec la phrase cible, alors aucun impact lié à la caractéristique incohérente n'est observé. Cependant, quand l'information

la plus récente est incohérente avec la phrase cible, les participants présentent des temps de lecture plus longs. Ce pattern est observé quand le trait cohérent est moins élaboré que le trait obsolète (Expérience 1), ou tout autant élaboré (Expérience 2).

L'une des originalités du modèle RI-Val est l'ajout d'un processus de validation automatique et passif aux processus d'activation et d'intégration. Par cette nouvelle conception, les auteurs permettent de répondre à la question de la pertinence des inférences produites au cours de la lecture. En effet, le modèle partage l'une des hypothèses principales de l'approche BM, à savoir que la probabilité de produire une inférence dépend de la facilité d'accès aux informations en mémoire, que celles-ci proviennent du texte traité précédemment ou des connaissances générales du lecteur. De plus, l'inférence est produite indépendamment de sa pertinence. Cependant, l'étude de Cook et al. (2014) montre que seules les inférences pertinentes au contexte participent à la construction de la représentation mentale du texte. Ainsi, le modèle RI-Val prône l'existence d'un processus de validation permettant l'évaluation de l'inférence produite. Cette évaluation s'effectuerait sur la base des informations activées en mémoire au moment du traitement, à savoir les informations précédentes du texte et/ou les connaissances générales du lecteur (e.g. Creer et al., 2018; Williams et al., 2018). Il existerait une compétition entre les deux sources, pouvant entraîner des effets de validation précoces ou tardifs, selon l'influence prédominante. L'impact plus ou moins important des sources dépend de la rapidité du lecteur à activer les informations (Guéraud et al., 2018). Dans cette présente thèse, nous nous sommes particulièrement intéressés à cette caractéristique du processus de validation, à savoir que son efficacité dépendrait de la rapidité avec laquelle les connaissances sont disponibles en mémoire.

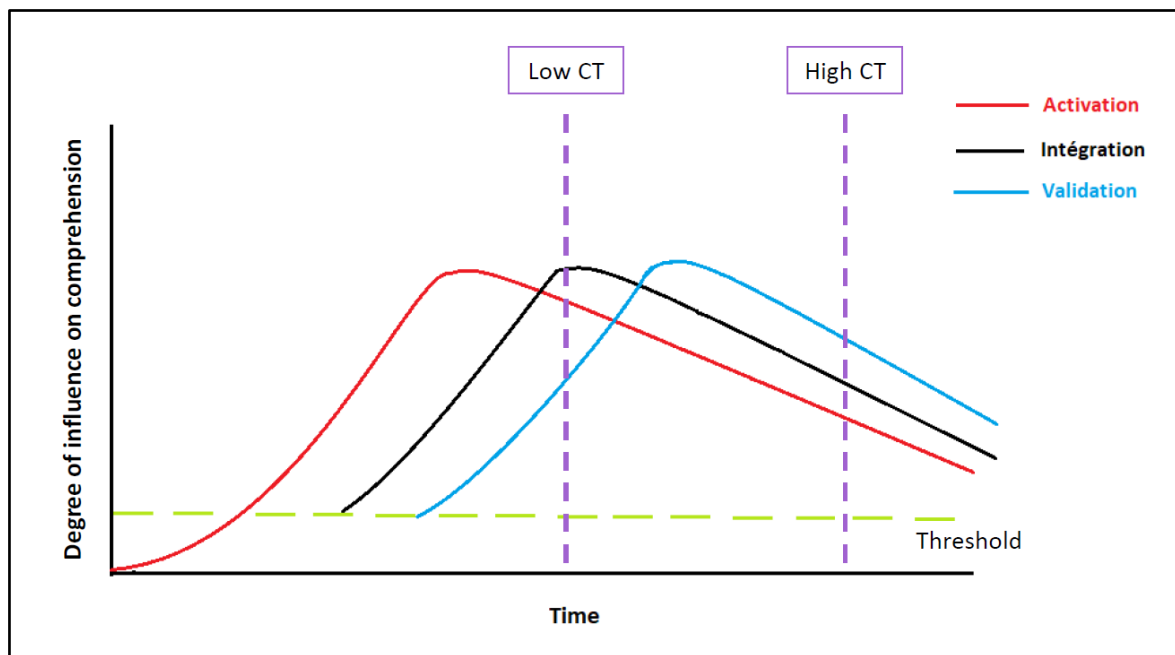
#### **2.4.2. Le seuil de cohérence**

En plus de la prise en considération de la validation comme un processus automatique impliqué dans la production d'inférences, l'originalité du modèle RI-Val réside dans le concept de seuil de cohérence. Ce seuil correspond au niveau de cohérence à atteindre avant que le lecteur puisse avancer dans le texte. La Figure 3 illustre un seuil de cohérence bas et élevé, et son impact sur la compréhension. Lorsque le seuil de cohérence est élevé, le lecteur doit atteindre un haut niveau de cohérence avant d'avancer dans le texte. À l'inverse, lorsqu'il est bas, le lecteur a besoin de peu de cohérence avant d'avancer dans le texte. Dans ce dernier cas, le processus de validation continue à opérer alors que le lecteur a avancé dans le texte. Ce niveau peut varier en fonction des buts du lecteur, mais également tout au long de la lecture.

Cette variation entraîne des comportements de lecture différents. En effet, lorsque le seuil de cohérence est élevé, les effets de validation sont visibles immédiatement. Cependant, lorsque le niveau de cohérence est bas, les effets de validation peuvent être observés plus tardivement, c'est-à-dire sur les phrases suivantes.

**Figure 3**

*Niveau de validation à atteindre par le lecteur, selon un seuil de cohérence bas ou élevé*



*Note.* Les initiales « CT » signifient *Coherence Threshold*, soit seuil de cohérence en français. Adapté d'O'Brien et Cook, (2016a; 2016b)

L'étude de Williams et al. (2018) a également testé l'influence du seuil de cohérence sur le processus de validation. Les auteurs ont utilisé le matériel de l'Expérience 1 présenté précédemment dans la section 2.4.1., basé sur les illusions de Moïse. Pour rappel, les participants lisaient des textes décrivant des caractéristiques communes à l'item correct et incorrect (e.g. respectivement *Noah*, *Moses*), avant la lecture de la phrase cible (e.g. « *Noah/Moses brought two animals of each kind of the Ark* »). Le contexte faisait référence à deux caractéristiques (condition Contexte Faible) ou à quatre caractéristiques (condition Contexte Fort). À la fin de la lecture, une question de compréhension était posée aux participants, permettant de s'assurer qu'ils avaient bien compris le texte. Dans les Expériences 4 et 5, les auteurs ont repris la même procédure mais en modifiant le nombre de questions de compréhension posées afin de manipuler implicitement le seuil de cohérence. Dans

l'Expérience 4, le nombre de questions a été augmenté, les participants étaient invités à répondre à trois questions de compréhension à l'issue de la lecture de chaque texte. Les auteurs supposaient alors qu'une telle manipulation devrait entraîner une augmentation du seuil de cohérence. À l'inverse, la manipulation introduite dans l'Expérience 5 visait à diminuer le seuil de cohérence des lecteurs, une question était posée pour seulement 25% des textes dans l'Expérience 5, diminuant ainsi le seuil de cohérence. En manipulant le niveau du seuil de cohérence, les auteurs s'attendaient à observer des patterns de lecture différents de ceux observés dans l'Expérience 1 et variant en fonction du seuil de cohérence. Les données ont confirmé leurs prédictions à savoir qu'en comparaison de l'Expérience 1, dans laquelle l'augmentation des temps de traitement s'était produite sur la phrase cible dans le contexte faible, (1) lorsque le seuil de cohérence a été élevé (Expérience 4), les participants ont lu plus lentement les phrases cibles et *spill-over* de la condition incorrecte par rapport à la condition correcte, et ce indépendamment du contexte ; (2) qu'inversement lorsque le seuil de cohérence a été abaissé (Expérience 5), un allongement des temps de lecture a été observé uniquement sur les phrases *spill-over* suivant les phrases incorrectes et ce uniquement dans la condition contexte faible. Ces résultats valident l'hypothèse selon laquelle le seuil de cohérence influence le processus de validation. Lorsque ce dernier est élevé, les effets dus à la validation sont visibles précocement. Cependant, lorsque le seuil de cohérence est bas, le lecteur continue à avancer dans le texte avant que le processus de validation ait fini d'opérer. Ce phénomène peut entraîner des effets tardifs de la validation, ou même une absence de détection d'une erreur ou incohérence de la part du lecteur.

## **2.5. Conclusion du chapitre : des pistes explicatives des difficultés de compréhension**

Le modèle RI-Val décrit le fonctionnement des processus permettant la production d'inférences en prenant en considération le décours temporel. Même s'il ne propose pas directement d'hypothèse explicative des difficultés que peuvent rencontrer les FC, nous pensons que ce modèle, par son approche de la production d'inférences en termes de changement de disponibilités des informations en mémoire, peut offrir des pistes qui méritent d'être explorées. En effet, comme nous l'avons présenté dans le Chapitre 1, deux éléments principaux ressortent des études réalisées auprès des FC. D'une part, l'une de leurs difficultés réside dans leur capacité à produire des inférences, essentielles à la compréhension de textes

(e.g. Cain et al., 2004; Cain & Oakhill, 1999; Oakhill, 1983, 1984). D'autre part, les FC présenteraient des difficultés lors de l'émergence des connaissances sémantiques en mémoire. Nous pouvons alors développer deux pistes explicatives. La première est relative au seuil de cohérence. L'Expérience 5 de Williams et al. (2018) montre que lorsqu'un seuil de cohérence est bas, la détection des incohérences sémantiques introduites dans un texte est différée, voire peut ne pas se produire. Aussi, il est possible d'émettre l'hypothèse que les FC pourraient avoir tendance à se fixer sur un seuil de cohérence insuffisamment élevé, entravant l'évaluation de la pertinence des informations lues dans de trop nombreuses situations. La deuxième hypothèse porte sur la disponibilité des connaissances en mémoire. En effet, le modèle RI-Val explique que l'efficacité des processus permettant la production d'inférences dépend de la disponibilité des informations en MDT. Cette hypothèse a été confirmée expérimentalement par les études réalisées dans le cadre de l'approche BM (e.g. Cook et al., 2014; Guéraud et al., 2008), et sur le processus de validation (e.g. Richter et al., 2009). Ainsi, nous pouvons supposer que si les connaissances des FC deviennent moins rapidement disponibles en MDT, les processus sous-tendant la production d'inférences seront moins efficaces, entravant leur compréhension. Nos travaux expérimentaux ont été construits afin de tester cette seconde hypothèse explicative.

L'hypothèse selon laquelle les difficultés des FC à produire des inférences pourraient provenir d'une difficulté au niveau de la disponibilité des connaissances en mémoire a déjà été testée dans une étude de Smith et O'Brien en 2016 utilisant le paradigme des incohérences, que nous avons présenté dans le Chapitre 1. Dans cette étude, les auteurs ont montré qu'en augmentant l'élaboration de l'information (Expérience 2A) ou en ajoutant des indices contextuels (Expérience 2B) les FC parviennent à détecter l'incohérence, et par conséquent produisent l'inférence de cohérence globale. Cette étude confirme l'hypothèse d'une difficulté de disponibilité des connaissances en mémoire de la part des FC, en manipulant des facteurs connus pour faciliter la récupération des informations en mémoire, c'est-à-dire influençant préférentiellement le processus initial d'activation.

Dans notre recherche, nous explorons l'impact d'une difficulté d'émergence des connaissances chez les FC sur un autre processus impliqué dans la production d'inférences, le processus de validation. En plus d'étudier le fonctionnement des processus cognitifs impliqués dans la production d'inférences des FC, nous nous intéressons au fonctionnement mnésique de ces derniers et particulièrement à l'émergence de leurs connaissances. En effet, le modèle RI-Val ainsi que l'approche BM, postulent que les processus permettant la production d'inférences

sont de nature mnésique. Ils se sont appuyés sur les modèles globaux de la mémoire, et plus spécifiquement sur l'hypothèse que le processus de récupération en mémoire est global, passif et automatique. Cependant, au regard des recherches conduites au cours des deux dernières décennies mettant en avant le caractère incarné de compréhension (e.g. de Vega et al., 2013; Glenberg & Kaschak, 2002; Hoeben Mannaert et al., 2019; Kaschak et al., 2005; Taylor & Zwaan, 2009; Zwaan et al., 2002, 2004; Zwaan & Taylor, 2006; Zwaan & Yaxley, 2003) nous avons fait le choix d'examiner comment une approche incarnée de la cognition pouvait rendre compte de l'émergence des connaissances des FC. Plus précisément, nous avons ancré nos recherches au sein du modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014), présenté dans le chapitre suivant. Ce modèle décrit les processus cognitifs mis en jeu lors de l'émergence des connaissances en mémoire dans une approche incarnée de la cognition tout en s'inscrivant dans la continuité des modèles globaux de la mémoire, comme le modèle MINERVA II (Hintzman, 1986) sur lesquels le modèle RI-Val se fonde. Aussi, comme le souligne de Vega (2015), le fonctionnement des processus impliqués dans la production d'inférences tel que décrit dans le modèle RI-Val pourrait se révéler compatible, avec une approche incarnée de la cognition. Nous rediscuterons de l'articulation entre ces différents modèles dans la discussion de cette thèse.

## Chapitre 3 : Une compréhension incarnée

Dans le Chapitre 1, nous avons souligné le fait que les FC présentent des difficultés au niveau de la production d'inférences et l'importance de s'intéresser aux processus permettant cette production. Nous avons formulé le constat qu'il existe une multitude d'hypothèses explicatives, ce qui empêche l'identification précise de la ou les causes de ces difficultés, et qu'aucune de ces hypothèses ne porte sur le fonctionnement des processus impliqués dans la production d'inférences. Le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b) présenté dans le Chapitre 2 permet d'aborder sous un angle nouveau ces difficultés de compréhension. Sur la base des travaux présentés dans le Chapitre 1 et le modèle RI-Val nous supposons que certaines des difficultés de production d'inférences pourraient être liées à une difficulté au niveau de l'émergence des connaissances de la part des FC. Cette hypothèse est soutenue par plusieurs travaux, dont ceux de Richter montrant que le processus de validation dépend de la rapidité avec laquelle les connaissances sont disponibles en mémoire. Les partisans de l'approche BM (McKoon & Ratcliff, 1998; Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999) et du modèle RI-Val supposent que les processus permettant la compréhension et la production d'inférences sont de natures mnésiques et non spécifiques à l'activité de lecture. Suite à cette idée, les auteurs se sont tournés vers les modèles globaux de la mémoire, les mieux à même de rendre compte de la nature automatique, rapide, passive et globale du processus de récupération des informations en mémoire (Guéraud, 2016). Nous suggérons ici d'explorer une proposition alternative aux modèles globaux de la mémoire, en ancrant notre réflexion au sein d'une approche incarnée de la cognition.

Nous nous concentrerons ainsi dans le présent chapitre sur la question de l'émergence des connaissances dans une telle approche avec l'intention de mieux appréhender la nature des connaissances et les mécanismes impliqués dans leur émergence. Dans une première partie, nous aborderons les fondements théoriques de cette approche. Par la suite, nous présenterons divers travaux soutenant l'idée que la compréhension de textes est incarnée. Enfin, nous présenterons le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014), décrivant le fonctionnement des mécanismes permettant l'émergence des connaissances épisodiques et sémantiques. Ce chapitre nous permettra d'envisager sous un angle nouveau la question des difficultés de compréhension des FC, et ainsi de définir les objectifs auxquels notre recherche se propose de répondre.



### **3.1 L'approche incarnée de la cognition**

La recherche en psychologie cognitive, comme toute science, est influencée par les différentes approches dans lesquelles les chercheurs s'inscrivent. Celles-ci modifient profondément la manière dont les recherches empiriques sont menées et interprétées. Depuis deux décennies, l'approche de la cognition incarnée se développe au sein des recherches en sciences cognitives. Elle propose une conceptualisation différente du fonctionnement cognitif, en redonnant au corps une place centrale. Nous avons fait le choix d'ancrer nos réflexions et nos travaux dans cette approche, qui nous semble la mieux à même d'expliquer comment le lecteur comprend le message induit par un texte. Dans cette section, nous présenterons comment l'approche incarnée a été développée en réponse aux limites des approches cognitivistes et connexionnistes. L'exposé succinct de cette évolution théorique permettra au lecteur de comprendre les principaux postulats prônés par l'approche incarnée de la cognition, que nous présenterons par la suite.

#### **3.1.1. Les approches cognitivistes et connexionnistes**

L'approche cognitive appelée aussi classique ou *computo-symbolique*, a été développée suite à trois événements : (1) le déclin du *béhaviorisme*, (2) le développement de l'intelligence artificielle et du neurone artificiel de McCulloch et Pitts (1943), et (3) le développement des travaux en informatique (e.g. Shannon, 1948) et en *cybernétique* (e.g. Wiener, 1948). Ces différents travaux ont été menés dans l'optique de construire un *cerveau artificiel et électronique*. Les chercheurs ont envisagé et conceptualisé le fonctionnement du cerveau humain comme analogue au fonctionnement d'un ordinateur (Versace et al., 2018). Le fonctionnement cognitif est ainsi pensé comme un ensemble de modules indépendants, spécialisés dans un domaine spécifique et fonctionnant sur des représentations symboliques (e.g. Fodor, 1986). Les traitements cognitifs sont réalisés de manière sérielle sur les représentations symboliques, et c'est l'ensemble de ces traitements qui est à l'origine des comportements. Les deux notions centrales de l'approche cognitive sont (1) le caractère modulaire du fonctionnement cognitif et (2) la nature symbolique des représentations. Les informations de l'environnement seraient encodées en mémoire d'une manière abstraite et amodale. Ainsi, les connaissances en mémoire résideraient dans ces représentations symboliques que l'individu active (e.g. Fodor, 1986; Pylyshyn, 1984; Sperber, 1994). Une des caractéristiques majeures de l'approche cognitive est que les symboles « sont indépendants à la fois de ce qu'ils sont censés représenter, du contexte et du sujet. » (Versace

et al., 2018, p. 14). Ils seraient ainsi totalement détachés des expériences sensori-motrices des individus.

Le paradigme cognitiviste est encore actuellement dominant en psychologie cognitive et en neuropsychologie. Cependant plusieurs critiques ont été élaborées à son encontre, particulièrement envers le caractère modulaire de la cognition et la nature symbolique des représentations (e.g. Versace et al., 2002). En réponse à ces critiques, l'approche connexionniste propose une conception différente du fonctionnement cognitif et de la nature des connaissances. Cette approche s'appuie sur l'idée que l'apprentissage est distribué sur l'ensemble du cerveau (Lashley, 1950) et sur l'idée que le système cognitif serait auto-apprenant, selon l'hypothèse d'auto-régulation des neurones (Hebb, 1949). Les liens entre les neurones seraient ainsi renforcés ou amoindris en fonction des activations de ces derniers. Ici la cognition n'est pas liée à l'activation de symboles amodaux, mais émerge des interactions entre les différents réseaux. L'un des modèles les plus représentatifs est le modèle *Parallel Distributed Processing* (PDP, McClelland & Rumelhart, 1986) assumant que la représentation mentale des informations est distribuée et que les connaissances sont stockées dans les connexions entre les réseaux. Dans ce modèle, les traitements cognitifs ne sont plus considérés comme fonctionnant d'une manière strictement sérielle. Avec ce paradigme, le fonctionnement cognitif n'est plus envisagé comme un simple ordinateur complexe. Néanmoins, le corps de la personne et les interactions que cette dernière peut avoir avec son environnement ne sont toujours pas pris en compte dans le fonctionnement cognitif.

### **3.1.2. Une remise en question du fonctionnement cognitif**

Selon les approches cognitivistes et connexionnistes, les informations de l'environnement sont, dans un premier temps, extraites indépendamment du corps percevant, puis dans un second temps, un comportement est produit sur la base de ces représentations. Le corps est ainsi perçu comme un simple outil (Versace et al., 2018). Cette vision séparant le corps du système cognitif a été questionnée par plusieurs auteurs, mais c'est particulièrement le paradigme énaviviste de Varela et son ouvrage *L'inscription corporelle de l'esprit* (Varela et al., 1993) qui ont entraîné un tournant au sein de la communauté scientifique. D'après Varela, le corps a un rôle central dans la cognition : la pensée et la cognition émergent de l'interaction entre l'individu en tant que sujet neurophysiologique et son environnement à travers l'action et la perception. Parallèlement, nos perceptions se modifient en permanence suite à ces interactions, et par la même la perception de notre monde. L'environnement et l'individu sont ainsi considérés

comme des systèmes en coévolution. Dit autrement, le corps et l'environnement existeraient uniquement via leurs interactions. Varela va plus loin dans son raisonnement, en proposant une approche radicale de la cognition : la cognition se produirait sans représentation mentale. Vieillard et Msika (2021) expliquent cette hypothèse comme le fait « que si le monde et le sujet émergent en même temps grâce à l'action du sujet sur le monde, alors il n'est nullement besoin de faire appel à la notion de représentation » (p.74-75). Ainsi Varela et les partisans de l'énaction rejettent la notion même de représentation. La thèse énonciative a entraîné une révolution paradigmatique, mettant en question l'approche classique de la cognition. De plus en plus de chercheurs rejoignent l'idée que le corps occupe une place centrale au niveau du fonctionnement cognitif : les changements pouvant intervenir sur le corps, entraînent des changements au niveau de la cognition (Glenberg et al., 2013). Néanmoins, tous les auteurs ancrant leurs travaux dans une approche incarnée, ne sont pas en accord avec la vision radicale de la cognition prônée par Varela concernant les représentations. Nous reviendrons plus en détail sur la question des représentations dans la partie 3.1.3 de ce chapitre.

Il n'existe pas en effet une théorie unique de la cognition incarnée mais plusieurs. Les partisans de la cognition incarnée partagent l'idée que le corps a un rôle central dans la cognition, mais diffèrent sur la notion de représentation mentale et plus précisément son existence. Matheson et Barsalou (2018) expliquent en partie cette multitude de théories par le fait que les réflexions à l'origine de l'approche proviennent de plusieurs courants de recherche, comme la linguistique pour Lakoff et Johnson (1980), ou les sciences cognitives pour Varela (Varela et al., 1993). Les différentes conceptions se traduisent également par l'utilisation de deux termes différents en anglais pour parler de la cognition incarnée : *grounded* et *embodied*. Le terme *embodied* a été la première fois utilisé par Lakoff et Johnson (1980) pour rendre compte du lien entre la cognition et les expériences qu'a l'individu avec son environnement. Barsalou (2008) préfère l'utilisation du terme *grounded* car une multitude d'activités cognitives sont réalisées en absence d'un état particulier du corps (i.e. la simulation). Nous inscrivons nos travaux dans une vision proche de celle prônée par Barsalou avec le terme *grounded*.

Nous avons précisé qu'il existe plusieurs théories de l'approche incarnée. Cependant ces différentes théories se regroupent autour de deux points centraux : (1) le rejet des approches computo-symboliques et connexionnistes, et particulièrement le rejet de l'existence de symboles amodaux en mémoire représentant les connaissances sémantiques ; et (2) l'importance du corps dans la cognition. Ce postulat, sans doute le plus important, implique

qu'il n'est pas pertinent de tenter d'expliquer le fonctionnement cognitif sans prendre en considération le corps dans son ensemble : il existe une influence mutuelle entre la perception, l'action et la cognition, qui sont liées les unes aux autres et ne peuvent plus être étudiées indépendamment (Barsalou, 2008, 2016; Glenberg et al., 2013). Les interactions sensori-motrices de l'individu avec son environnement sont considérées comme étant à la base de la cognition. Les représentations gardent la nature sensori-motrice des interactions et sont par conséquent multimodales (Barsalou, 2008). Wilson (2002) résume les différents points centraux communs aux différentes théories dans une liste des six principes fondateurs de la cognition incarnée :

- (1) La cognition est située, elle prend place dans un contexte précis et concret ;
- (2) La cognition est contrainte par le temps de l'interaction avec l'environnement. Ces deux premiers principes soulignent le fait que chaque situation vécue est unique, puisqu'elle est dépendante du contexte et du temps de l'interaction ;
- (3) Les éléments de l'environnement sont utilisés pour alléger la charge cognitive due aux capacités limitées du système cognitif ;
- (4) L'environnement fait partie intégrante du système cognitif. Ainsi, il n'est pas pertinent de ne prendre en compte que le système cognitif seul, lors de l'étude de l'activité cognitive ;
- (5) La fonction principale de la cognition est l'action, et les mécanismes cognitifs doivent être étudiés en prenant en compte leur contribution dans le but d'avoir un comportement approprié à la situation ;
- (6) Enfin, l'activité cognitive est ancrée dans l'activité sensori-motrice. Ainsi, même les activités cognitives, qui semblent purement *mentales*, comme la simulation, sont ancrées et basées sur les interactions sensori-motrices passées. Nous reviendrons sur la notion de simulation dans la partie 3.1.4 de ce chapitre.

Les six principes de Wilson (2002) sont communs aux différentes théories et modifient fondamentalement la conceptualisation de la cognition mais également la manière de penser et de conceptualiser les études empiriques. Kiefer et Barsalou (2013) font le constat que les différentes approches incarnées de la cognition se focalisent particulièrement sur quatre thèmes principaux. Premièrement, la simulation est centrale dans la cognition, elle correspond à la réactivation des états mentaux passés et peut prendre diverses formes (Barsalou, 1999, 2003, 2008). Deuxièmement, l'émergence des phénomènes cognitifs se base sur divers domaines dont

la perception, l'action et les états internes. Nous présenterons plus précisément l'émergence des connaissances dans la section 3.3 en présentant le modèle de mémoire Act-In (Versace et al., 2009, 2014). Troisièmement, un concept est un système dynamique capable d'engendrer une infinité de simulations en fonction du contexte. Quatrièmement, la cognition est située, c'est-à-dire que les activités mentales ne se font pas dans le vide, mais en fonction de l'environnement dans lequel l'individu évolue.

Dans ce début de chapitre, nous avons présenté succinctement l'approche incarnée de la cognition, et ses principales implications. Nous avons choisi d'implanter nos travaux et notre réflexion dans cette approche, permettant d'apporter une nouvelle perspective sur les difficultés de compréhension, qui nous semble plus proche du fonctionnement réel. Comme indiqué précédemment, nous nous rapprochons de la vision incarnée prônée par Barsalou. En conséquent nous supposons l'existence de représentations en mémoire. Cependant, la nature des représentations en mémoire est envisagée différemment selon les approches. La suite de ce chapitre sera ainsi consacrée à cette question, dans le but de définir ce qu'est une représentation en mémoire selon l'approche incarnée.

### **3.1.3. La nature des représentations en mémoire**

Décrire le fonctionnement cognitif, implique nécessairement de définir les processus cognitifs mais également les représentations sur lesquels ils opèrent. De ce fait, chaque courant a proposé sa propre conception du fonctionnement cognitif et des représentations mentales. Dans leur livre paru en 2018, Versace et ses collaborateurs reviennent sur ces différentes élaborations qui ont façonné les recherches portant sur le fonctionnement cognitif. La question des représentations en mémoire a débuté avec le paradigme computo-symbolique. Le cerveau humain était alors conceptualisé comme analogue à un ordinateur. Les stimuli de l'environnement seraient perçus par le système perceptif, puis à l'aide d'un mécanisme de transduction, seraient codés d'une manière abstraite en tant que représentations symboliques, abstraites et arbitraires. Par conséquent, ces représentations sont indépendantes des propriétés modales des stimulations de l'environnement.

L'approche connexionniste rejette l'idée de l'existence d'un stockage des représentations mentales. Pour rappel, cette approche s'appuie sur les travaux de Lashley (1950) développant l'idée que l'apprentissage est distribué sur l'ensemble du cerveau, et sur le concept d'auto-régulation des neurones développé par Hebb (1949). Le système cognitif est alors considéré

comme un système auto-organisé et auto-apprenant où les représentations sont distribuées sur l'ensemble du cerveau. L'activité cognitive va entraîner l'activation d'un ensemble de connexions, permettant d'accéder aux connaissances. Ces dernières ne sont plus considérées comme stockées sous forme de représentations amodales, mais plutôt émergentes des connexions qui ont lieu sur l'ensemble du système. Ces représentations restent cependant indépendantes des expériences sensorielles et corporelles de l'individu.

Le corps n'a pas sa place dans la cognition avec les approches computo-symboliques et connexionnistes, puisque les informations sont extraites de l'environnement, et ce indépendamment de l'individu percevant. Cette vision est remise en cause par le paradigme énonciviste développée par Varela (e.g. Varela et al., 1993). Il rejette l'existence de représentations mentales stockées en mémoire. Pour lui, les connaissances se créent par les interactions entre l'individu et son environnement. Ainsi, le sujet et l'environnement émergent conjointement par leurs interactions. Cette approche considère la connaissance comme étant de nature sensori-motrice, puisque c'est l'interaction du corps avec son environnement qui est à l'origine du sens.

La vision radicale de l'énoncivité, à savoir l'absence de représentations mentales, n'est pas partagée par l'ensemble des chercheurs de la cognition incarnée. D'après Versace et al. (2018) l'approche incarnée emprunte « au paradigme énonciviste, le caractère modal de la connaissance (i.e., sensori-moteur), au paradigme connexionniste l'idée que les connaissances sont distribuées sur l'ensemble du cerveau et aux deux, le fait que les connaissances émergent des interactions entre les composants sensoriels et moteurs des expériences passées et présentes.» (p. 20). Même si un ensemble d'auteurs continue à postuler l'existence de représentations internes, l'action devient centrale dans l'approche incarnée. C'est par les interactions, et donc l'action d'une personne avec son environnement que les connaissances émergent. Les représentations ne sont plus définies comme étant des représentations abstraites du monde, mais plutôt comme des représentations de nos expériences sensori-motrices passées, gardant leurs propriétés sensori-motrices. En effet, comme l'explique Vallet (2012) « les connaissances sont modales puisqu'elles émergent d'un profil d'activation du système.» (p. 19).

La nature sensori-motrice des représentations a été démontrée expérimentalement dans plusieurs études portant sur l'émergence des connaissances. Brunel et al. (2009) montrent par exemple à l'aide d'un paradigme d'amorçage que l'activation d'un des composants d'une modalité de la représentation (e.g. l'aboiement d'un chien), entraîne l'activation d'un

composant d'une autre modalité (e.g. l'image d'un chien). Leur première expérience était composée de deux phases. Lors de la phase d'apprentissage, des cercles et des carrés gris étaient affichés à l'écran. L'une des deux formes était systématiquement et simultanément présentée avec un bruit blanc durant 500 ms. Les participants devaient catégoriser les formes géométriques le plus rapidement possible. Lors de cette phase d'apprentissage, la répétition de l'association son-forme devait entraîner l'intégration des deux composants en mémoire. La seconde phase s'appuie sur un paradigme d'amorçage, avec les formes géométriques de la phase d'apprentissage en amorces. Les cibles étaient des sons aigus ou graves à catégoriser et présentés durant 100 ou 500 ms. Les résultats montrent que lorsque le SOA (Stimulus Onset Asynchrony<sup>2</sup>) est de 500 ms, les participants catégorisent plus rapidement les cibles lorsque l'amorce est la forme géométrique associée au bruit blanc (amorce sonore), que lorsque l'amorce est silencieuse. Le pattern inverse est observé lorsque le SOA est de 100 ms, avec des réponses plus rapides pour l'amorce silencieuse. Les résultats obtenus témoignent du fait que les participants ont bien intégré en mémoire la forme géométrique avec le son. Ainsi, lorsque les participants perçoivent l'amorce sonore, ils réactivent en mémoire le son. Lorsque l'amorce sonore dure 100 ms la réactivation en mémoire du bruit blanc durant 500 ms interfère avec la perception du son à catégoriser. Dans la condition où l'amorce sonore est présentée durant 500 ms, la réactivation du bruit blanc engendre un effet facilitateur. Dans ce cas, la pré-activation des zones neuronales auditives permet le traitement plus rapide du son perçu, la réactivation d'un composant auditif non présent influence le traitement perceptif d'un autre son présenté par la suite. Ainsi, la perception d'un stimulus dans une modalité active en mémoire des dimensions sensorielles d'une autre modalité précédemment associée avec.

Vallet et al., (2010) ont également testé la nature multimodale des représentations dans leur étude, en induisant un effet d'interférence. Deux expériences ont été menées, où 60 images d'objets et d'animaux et 60 sons correspondant aux images ont été utilisés. Lors de la phase d'apprentissage de l'Expérience 1, les participants ont entendu 40 sons, la moitié étant des bruits d'animaux et l'autre des bruits d'objets. Pour la moitié des items, un masque visuel était simultanément présenté. Dans l'Expérience 2, 40 images étaient présentées lors de la phase d'apprentissage, la moitié correspondant à des images d'animaux et l'autre d'objets. Suivant le

---

<sup>2</sup> Le Stimulus Onset Asynchrony correspond à l'intervalle de temps entre le début d'apparition de l'amorce et début d'apparition de la cible.

même principe que l'Expérience 1, la moitié des items était présentée simultanément avec un masque sonore (i.e. un bruit blanc). Pour les deux expériences, les participants devaient indiquer si l'item correspondait à un animal ou à un objet. Lors de la phase de test, les participants devaient catégoriser 60 images (Expérience 1) ou 60 sons (Expérience 2). Ces 60 items étaient composés de 40 items anciens présentés lors de la phase d'apprentissage, soit des sons (Expérience 1) ou des images (Expérience 2), parmi lesquels 20 avaient fait l'objet d'un masquage visuel (Expérience 1) ou auditif (Expérience 2) et de 20 items. Les résultats des deux expériences montrent que les participants catégorisent plus rapidement les items anciens que les items anciens masqués et que les nouveaux items. Les temps de réponse pour les items anciens masqués et pour les nouveaux items ont été similaires. Ces deux expériences sont en accord avec l'existence de représentations multimodales : dans l'Expérience 1, l'effet facilitateur des anciens items révèle que les sons présentés lors de la phase d'apprentissage activent les représentations visuelles associées au son. Ainsi, lorsque les images de la phase test sont présentées, les participants catégorisent plus rapidement les items. Cependant, lorsque les sons sont présentés simultanément avec un masque visuel, ce dernier empêche l'activation automatique de la représentation visuelle associée au son, et inversement pour l'Expérience 2. Ces deux études sont incompatibles avec l'idée d'une nature amodale des représentations en mémoire, mais confirment l'idée que les représentations sont multimodales, et ainsi que l'activation d'un composant dans une modalité entraîne l'activation d'un composant d'une autre modalité.

### **3.1.4. L'importance de la simulation**

Un second point central dans la cognition incarnée est que la simulation est au cœur de la cognition, permettant l'émergence des connaissances (e.g., Barsalou, 1999, 2008). Barsalou précise que la simulation n'est pas la recreation d'un événement passé, mais plutôt « the reenactment of perceptual, motor, and introspective states acquired during experience with the world, body, and mind » (Barsalou, 2008, p. 618). Lorsqu'un individu vit une expérience, le système cognitif enregistre les états cérébraux sous forme de traces mnésiques multimodales. Par la suite, lorsqu'une nouvelle expérience présente des propriétés en commun, les traces mnésiques sont réactivées, simulant l'état cérébral précédent. Cette réactivation n'est donc pas une recreation parfaite et est soumise à des biais et des approximations dus au contexte de la situation nouvelle. La simulation ne correspond pas non plus à la simple activation d'un concept, puisqu'elle dépend de l'expérience présente : les concepts émergent de la réactivation des états cérébraux précédents selon le contexte actuel. Par exemple, les activations ne sont pas



les mêmes lorsqu'un individu voit son chien, un chien tenu en laisse, ou encore un chien sans maître montrant les crocs. C'est pourquoi les représentations conceptuelles sont contextualisées et dynamiques. La simulation permet ainsi la réactivation de nos expériences passées en fonction du contexte actuel. L'environnement est alors perçu et compris en fonction de ces réactivations sensori-motrices. Par exemple, la reconnaissance d'une bouteille passe également par la simulation de l'action motrice qu'un individu fait pour l'attraper. La simulation n'est pas impliquée uniquement pour avoir un comportement adapté à l'expérience actuelle, mais elle permet également l'anticipation des expériences futures (Versace et al., 2018). Dijkstra et Post (2015) définissent quatre principes de la simulation. Premièrement, la perception d'un stimulus de l'environnement déclenche automatiquement une simulation dans le système cognitif, de telle sorte que les actions seraient facilitées lorsque les deux correspondent mais seraient entravées dans le cas contraire. Deuxièmement, une simulation peut échouer dans le cas où une tâche concurrente implique les mêmes ressources sensori-motrices. Troisièmement, la simulation peut également fonctionner sans interaction directe avec l'environnement. Et quatrièmement, la simulation est dépendante des expériences passées de l'individu et de ses capacités sensori-motrices actuelles.

L'implication de la simulation dans diverses activités cognitives a été testée dans plusieurs études. Witt et al., (2010) ont testé l'implication de la simulation motrice dans la reconnaissance d'objets manipulables. Dans l'Expérience 1, des images d'outils ou d'animaux ont été présentées aux participants selon deux orientations différentes : pour les objets, la partie à agripper (la poignée ou le manche) est présentée vers la main droite ou vers la main gauche ; et pour les animaux, la tête est présentée vers la main droite ou la main gauche. Les participants ont dénommé le plus rapidement possible l'item, en tenant une balle dans leur main droite pour la moitié de items, et dans leur main gauche pour l'autre moitié. Les résultats indiquent qu'ils dénomment plus rapidement les objets lorsque la poignée est orientée vers la main libre que vers la main tenant la balle. Aucune différence de temps de réponse n'est observée pour les animaux. Les auteurs expliquent leurs résultats par le fait que tenir la balle interfère avec les simulations motrices. Voir un objet manipulable entraînerait automatiquement une simulation motrice de l'action que peut réaliser l'individu avec sa main la plus proche de l'objet. Cette simulation motrice participe à la reconnaissance de l'objet. Or lorsque les participants tiennent la balle, les neurones nécessaires à la simulation motrice sont déjà activés par l'action manuelle. La simulation motrice ne peut avoir lieu, ralentissant la reconnaissance de l'objet, qui dans ce

cas s'appuie sur les autres modalités. Cette hypothèse est confirmée par le fait que la balle n'a pas d'influence sur les temps de dénomination des animaux.

Dutriaux et Gyselinck (2016) ont obtenu des résultats similaires montrant l'importance de la simulation motrice dans la reconnaissance des objets manipulables. Ils ont utilisé 36 images d'objets manipulables (e.g., stylo ou marteau) et 36 d'objets non manipulables (e.g., tapis, parabole). Durant la phase d'apprentissage, les images étaient présentées aux participants selon deux conditions : (1) contrôle, dans laquelle ils devaient poser leurs mains sur la table ; ou (2) interférence, dans laquelle ils devaient tenir leurs mains dans le dos. Après une tâche distractive, les participants ont réalisé une tâche de rappel libre. Ils rappellent plus d'objets manipulables dans la condition contrôle qu'interférence. Aucune différence n'est observée pour les objets non manipulables. Les auteurs interprètent leurs résultats selon l'hypothèse de Glenberg (1997), à savoir qu'un individu conceptualise son environnement en fonction des actions qu'il peut réaliser dans cet environnement. Cette idée s'appuie sur la notion d'affordance développée par Gibson (1979), définie comme les possibles interactions que peut avoir l'individu avec les propriétés de l'environnement, en fonction de ses capacités sensori-motrices. Glenberg (2015) illustre le principe d'affordance avec l'exemple d'une chaise de cuisine. Un enfant pourrait percevoir cette chaise comme étant une bonne cachette pour jouer à cache-cache, alors qu'un adulte ne percevrait pas cette possibilité due à sa morphologie. De ce fait, lorsque les mains sont tenues lors de phase d'apprentissage, les simulations motrices manuelles ne peuvent avoir lieu, entraînant une baisse de performances de la part des participants. D'autres études confirment l'importance de la simulation dans la perception (e.g. Bub & Masson, 2010; Cisek, 2007; Reynaud et al., 2016; Tucker & Ellis, 2001), le langage (e.g. Glenberg & Kaschak, 2002; Zwaan et al., 2002, 2004; Zwaan & Yaxley, 2003), la mémoire (e.g. Camus et al., 2016; Casasanto & Dijkstra, 2010; Dijkstra et al., 2007; Vallet et al., 2010), et la résolution de problèmes (e.g. Dixon et al., 2014; Kirsh & Maglio, 1994; Werner & Raab, 2014 ; pour une revue voir Dijkstra & Post, 2015, mais aussi Versace et al., 2018).

Dans cette première partie, nous avons présenté succinctement l'approche incarnée de la cognition, et les principales hypothèses qui en découlent. Nous nous sommes particulièrement intéressés à deux points centraux : la nature multimodale des représentations en mémoire et le rôle central de la simulation dans nos activités cognitives. Nos travaux portant sur la compréhension de textes, nous allons maintenant nous intéresser plus spécifiquement aux recherches démontrant que cette dernière est également incarnée, c'est-à-dire que pour

comprendre un texte, le lecteur réactive en mémoire des représentations sensori-motrices afin de construire une représentation de la situation évoquée par le texte.

## **3.2. Une compréhension incarnée**

Dans cette section, nous allons nous concentrer sur les travaux démontrant que les processus langagiers et la compréhension de textes sont incarnés, dans le sens où ils entraînent l'activation de représentations sensori-motrices. Dans un premier temps, nous présenterons les théories et travaux expérimentaux en faveur d'une conception incarnée du langage, puis nous nous focaliserons plus spécifiquement sur les études expérimentales portant sur la compréhension de textes. Enfin, dans une troisième section, nous nous intéresserons à la question du développement des concepts sur la base des expériences sensori-motrices de l'individu.

### **3.2.1. Cognition incarnée et langage**

L'approche incarnée de la cognition a modifié profondément les recherches dans les différents domaines étudiés par les sciences cognitives, dont le langage et la compréhension de textes. Plusieurs théories ont été développées en prenant en considération le caractère incarné du langage. L'une des premières proposée par Johnson et Lakoff (2002; Lakoff & Johnson, 1980) est centrée sur l'idée que les concepts abstraits sont majoritairement métaphoriques. Par cette idée, les auteurs expliquent que le langage est incarné, tant au niveau des informations concrètes qu'abstraites. Ces dernières le sont grâce aux métaphores qui sont le reflet de représentations individuelles des concepts abstraits, résultant des interactions entre le corps et le monde. Même si les représentations des concepts abstraits sont propres à chacun, le langage dans sa globalité est ritualisé selon des normes propres à chaque culture et chaque langue (Løevenbruck et al., 2017). Ainsi, la notion de représentations individuelles des concepts abstraits doit être comprise dans le sens où chaque individu possède une représentation qui lui est propre selon ses expériences vécues, mais qui est également dépendante des normes de sa culture, lui permettant de communiquer avec les autres.

D'autres théories, se centrant plus précisément sur la compréhension de textes ont été développées, comme l'*Indexical Hypothesis* (Glenberg & Kaschak, 2002), *Dual Coding Theory* (Paivio, 1986; Sadoski, 2015; Sadoski & Paivio, 2001), *Language and Situated Stimulation*

(Barsalou et al., 2008), ou encore *The Immersed Experiencer Framework* (Zwaan, 2004). Dans son article, Sadoski (2018) reprend plusieurs de ces théories en analysant le fait qu'elles diffèrent sur les processus et les unités du langage, mais partagent l'idée que le langage et les concepts impliqués dans les activités langagières sont basés sur des représentations multimodales et concrètes plutôt qu'abstraites et amodales. La compréhension et la pensée sont également dépendantes de l'environnement avec lequel l'individu interagit. Gallese et Lakoff (2005) parlent de représentations sémantiques incarnées, dans le sens où les mêmes substrats neuronaux sont activés pour la perception, l'action, l'imagination et la compréhension linguistique.

Ces différentes théories se sont appuyées sur les données obtenues en neuroimagerie et en neuropsychologie clinique. Barsalou (2008) résume l'apport des recherches réalisées auprès de patients présentant des lésions cérébrales. Dans ces différentes études, les données montrent que des dommages neuronaux peuvent entraîner une perte de connaissances conceptuelles. Par exemple, des lésions au niveau de zones neuronales impliquées dans le traitement visuel augmentent la probabilité d'une perte de connaissances en rapport à la catégorie des animaux. Cet effet s'explique par le fait que les expériences vécues avec les animaux se font majoritairement avec la vision. À l'inverse, des lésions au niveau des neurones impliqués dans la motricité augmentent la probabilité d'une perte de connaissances conceptuelles concernant les outils (Cree & McRae, 2003; Damasio & Damasio, 1994; Gainotti, 2006; Gainotti et al., 1995; Humphreys & Forde, 2001; Simmons & Barsalou, 2003; Warrington & McCarthy, 1987; Warrington & Shallice, 1984). De même, des lésions au niveau des neurones traitant les couleurs peuvent produire un déficit aux niveaux de ces connaissances (Miceli et al., 2001).

Concernant la neuroimagerie, les études révèlent que certaines aires cérébrales associées à la motricité peuvent être activées lors de traitements conceptuels. Par exemple, Hauk et al. (2004) ont utilisé l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) afin de montrer ce lien. Les participants ont lu des verbes d'action faisant référence à différentes parties du corps (e.g. *lick* : lécher en français ; *kick* : donner un coup de pied ; *pick* : ramasser) ou des mots neutres. Les analyses montrent que des aires motrices correspondantes aux mouvements des pieds, des doigts ou de la langue, sont activées lors de la lecture de mots faisant respectivement référence aux jambes (ici, *kick*), aux bras (ici, *pick*) ou au visage (ici, *lick*). Ces résultats suggèrent que la lecture de verbes d'action entraîne une simulation de l'action de la part du lecteur (pour une revue plus détaillée, voir Pulvermüller, 2005). L'activation des aires motrices

lors du traitement de mots décrivant des actions a également été mise en exergue dans d'autres travaux (Aziz-Zadeh et al., 2006; Aziz-Zadeh & Damasio, 2008; Boulenger et al., 2009, 2012; Kemmerer et al., 2008; Moody & Gennari, 2010; Raposo et al., 2009). Løevenbruck et al. (2017) vont plus loin, en apportant des premiers résultats montrant que la parole interne, et plus précisément les ruminations mentales requièrent une simulation mentale des actions de la parole. L'activation d'aires cérébrales impliquées dans des traitements sensoriels a également été révélée lors de traitements de concepts se référant au goût (Barrós-Loscertales et al., 2012), à l'odorat (González et al., 2006), à l'ouïe (Kiefer et al., 2008), à la vision (Desai et al., 2010; Pulvermüller & Hauk, 2006; Simmons et al., 2007), et également aux émotions (Vigliocco et al., 2014).

L'ensemble de ces travaux démontre l'incarnation du langage, dans le sens où il exploite des caractéristiques de multiples modalités déjà existantes dans le système sensori-moteur et reliées entre elles (Gallese & Lakoff, 2005). Lors des traitements langagiers, les informations sensori-motrices sont activées, comme les informations visuelles, auditives, kinesthésiques, motrices, etc. En plus des études réalisées en neuroimagerie et en neuropsychologie clinique, plusieurs études expérimentales sont en faveur d'une conception incarnée du langage. La majorité de ces travaux s'est focalisée sur l'activation de représentations sensori-motrices lors de la compréhension de la situation évoquée par un texte. La suite de ce chapitre est consacrée à la présentation de certains de ces travaux.

### **3.2.2. Cognition incarnée et compréhension**

#### ***3.2.2.1. La simulation perceptive dans la compréhension***

Zwaan et ses collaborateurs (e.g. Engelen et al., 2011; Zwaan et al., 2002, 2004; Zwaan & Taylor, 2006; Zwaan & Yaxley, 2003) ont réalisé un ensemble de travaux convergeant vers l'idée qu'au cours de la lecture, des représentations perceptives sont simulées afin de comprendre le texte. Par exemple, le lecteur simule mentalement la forme des objets décrits dans la phrase (Zwaan et al., 2002). Leur matériel expérimental est constitué de phrases construites selon deux versions, chacune suggérant une forme différente d'un objet. Pour les phrases « *The ranger saw the eagle in the sky* » et « *The ranger saw the eagle in its nest* », l'aigle est mentionné dans les deux mais la localisation de celui-ci suggère une position des ailes différente : étendues pour la première et repliées pour la seconde. Après avoir lu l'une des deux versions, les participants réalisaient une tâche de reconnaissance (Expérience 1) ou de

dénomination (Expérience 2) à l'aide d'images représentant l'objet de la phrase. La forme de l'objet était cohérente avec l'une des deux versions de la phrase. Les résultats des deux expériences montrent des temps de réponse plus rapides lorsque la forme de l'image est cohérente avec la phrase qu'incohérente. Cette étude a été adaptée et reproduite auprès d'enfants âgés de 7 à 13 ans (Engelen et al., 2011). Dans l'Expérience 1, les participants entendaient les phrases et devaient indiquer si l'image apparaissant par la suite représentait un objet présent dans la phrase. Comme pour les adultes, les enfants répondent plus rapidement lorsque la forme de l'image est cohérente avec la description donnée dans la phrase. Pour l'Expérience 2, les participants réalisent la même tâche mais cette fois-ci en situation de lecture. Les auteurs ont tenu compte du niveau de décodage des enfants âgés de 7 à 10 ans. Les résultats indiquent qu'indépendamment du niveau de décodage, les enfants répondent plus rapidement lorsque l'image est cohérente avec la phrase. Ces deux études suggèrent que les lecteurs enfants comme adultes construisent une représentation la plus précise possible de la situation évoquée par le texte, activant les représentations perceptives de l'objet décrit.

Dans la même lignée, Zwaan et al. (2004) ont testé l'activation des représentations perceptives du mouvement décrit par le texte. Ils ont utilisé deux versions de phrases suggérant un mouvement d'éloignement ou de rapprochement : « *The kids tossed the beach ball over the sand toward you.* » et « *You tossed the beach ball over the sand toward the kids.* ». Dans la première phrase, la balle se rapproche du lecteur, alors qu'elle s'éloigne dans la deuxième. Après avoir entendu les phrases, deux images d'objet étaient présentées chacune pendant 500 ms, séparées par un masque visuel durant 175 ms. Les deux images avaient des tailles différentes, suggérant un rapprochement ou un éloignement de l'objet. Les participants devaient juger la similarité des deux images. Les résultats pour les items identiques montrent que les participants répondent plus rapidement lorsque la direction suggérée par la phrase et suggérée par les deux images sont identiques. Cette étude, confirme l'hypothèse d'une activation des représentations perceptives durant la compréhension de phrases et que le mouvement des objets est également simulé.

La simulation perceptive des éléments décrits par le texte a également été testée par Hoeben Mannaert et ses collaborateurs (2020). Les auteurs font le constat que les études réalisées préalablement s'intéressent à la simulation mentale d'un seul objet. Or les textes font rarement référence à un seul objet. Les auteurs se sont ainsi demandé si les objets présents dans un texte sont simulés séparément, ou si le lecteur combine les différents éléments au sein d'une

simulation mentale unique afin de construire la représentation de la situation évoquée par le texte. Les auteurs ont élaboré des phrases décrivant des animaux utilisant un outil (e.g. *The cat held her purse on the way home.*). Après avoir lu les phrases, une image était présentée aux participants, plus ou moins cohérente avec la phrase. Quatre versions ont été construites : (1) totalement cohérente où l'animal décrit dans la phrase est présenté avec l'objet décrit, (2) partiellement cohérente, où l'animal est le bon mais l'objet est différent, (3) partiellement incohérente, où l'animal est un autre que celui présenté dans le texte mais avec le bon objet, et enfin (4) totalement incohérente où l'objet et l'animal ne correspondent pas à la description. Les participants indiquaient si l'animal (Expérience 1) ou l'objet (Expérience 2) était celui décrit dans le texte. Dans les deux expériences, les participants sont plus rapides pour répondre pour la condition totalement cohérente que partiellement cohérente. Cette différence de temps de réponse montre que le lecteur simule les objets en les combinant au sein d'une représentation mentale qui suit la description du texte, et non pas une simulation des objets indépendants les uns des autres. L'ensemble de ces travaux valident l'idée que le lecteur simule les propriétés perceptives décrites par le texte afin d'en comprendre le sens. Cette hypothèse a également été confirmée par d'autres études (Hoeben Mannaert et al., 2019, 2021; Kan et al., 2003; Pecher et al., 2003; Richardson et al., 2003; Solomon & Barsalou, 2001).

### ***3.2.2.2. La simulation motrice dans la compréhension***

En plus de l'implication des simulations perceptives dans la compréhension, un ensemble de données expérimentales démontre que le lecteur simule les actions décrites. Kaschak et al. (2005) ont testé l'implication de la simulation des mouvements lors de la lecture de phrases, en induisant un effet d'interférence. Les participants ont écouté des phrases décrivant une scène en mouvement (e.g. *The leaves fell from the tree*), et ont réalisé un jugement sémantique (Expérience 1) ou grammatical (Expérience 2) de la phrase. Quatre mouvements étaient décrits : de rapprochement, d'éloignement, de descente ou de montée. Simultanément à la présentation des phrases, des stimuli visuels étaient présentés. Quatre stimuli ont été construits afin de représenter les quatre mouvements : une spirale tournant dans un sens ou dans l'autre pour illustrer les mouvements d'éloignement et de rapprochement, et des lignes descendantes ou montantes pour les deux autres mouvements. Les résultats des deux expériences montrent que les participants sont plus lents pour juger les phrases lorsque le mouvement décrit par cette dernière est identique au mouvement visuel. Les auteurs interprètent leurs résultats selon l'approche incarnée : lorsqu'un individu lit une phrase, il simule l'événement décrit (ici un

mouvement), activant les aires neuronales impliquées dans la perception dudit mouvement. Or dans cette étude, les aires neuronales sont déjà activées par le stimulus visuel, interférant ainsi avec la simulation mentale du mouvement décrit par la phrase.

Taylor et Zwaan (2008; Zwaan & Taylor, 2006) ont testé l'impact d'une phrase décrivant un mouvement sur les réponses motrices. Des phrases décrivant une rotation étaient présentées aux participants. Elles apparaissaient par groupes de mot (e.g. *The runner/was very/thirsty*), et les participants devaient tourner une poignée dans le sens horaire ou anti-horaire pour passer d'un groupe de mots à un autre. À la fin de chaque phrase, les participants devaient relâcher la poignée, et répondre à des questions de compréhension. Des effets d'interférence sont observés dans ces différentes études : les participants sont plus lents pour lire les sections où une rotation est évoquée (Taylor & Zwaan, 2008) ou pour donner une réponse (Zwaan & Taylor, 2006), lorsque le sens de rotation évoqué par la phrase est inverse à la rotation manuelle que doit produire le participant. Des résultats similaires ont été obtenus par de Vega et al. (2013) avec des mouvements d'éloignement ou de rapprochement par rapport aux participants. L'ensemble de ces résultats suggèrent que lorsqu'une phrase implique une action dans une direction, les participants ont des difficultés à faire une tâche de jugement, même simple, demandant une réponse manuelle dans une autre direction.

Ce phénomène a été décrit par Glenberg et Kaschak (2002) sous l'appellation *Action-sentence Compatibility Effect* (ACE) : la compréhension d'une phrase implique la production d'affordances, résultant de la simulation de l'action par le corps du lecteur. Si la simulation de l'action requière l'activation des mêmes aires neuronales que l'action motrice à réaliser, la compréhension de la phrase interfère alors avec l'action à réaliser ou inversement. Les chevauchements neuronaux empêchent le traitement des deux informations en simultané. Borreggine et Kaschak (2006) se sont particulièrement intéressés à l'ACE à travers quatre études, en reprenant les phrases utilisées dans l'étude de Glenberg et Kaschak, (2002). Chaque phrase existait en deux versions : une version rapprochement (e.g. *Mark dealt the cards to you*) et une version éloignement (e.g. *You dealt the cards to Mark*). Les phrases étaient présentées oralement et les participants devaient indiquer si la phrase était sémantiquement correcte. Pour répondre, les lettres P ou Q apparaissaient à l'écran et les participants devaient appuyer sur la touche correspondante à la lettre si la réponse était oui. La lettre Q était plus éloignée des participants (réponse éloignée) et la lettre P plus rapprochée (réponse proche). Les lettres apparaissaient immédiatement après la disparition de la phrase (Expérience 1), 50 ms après



(Expérience 2), 500 ms après (Expérience 3) ou 1000 ms après (Expérience 4). L'effet ACE est observé uniquement dans l'Expérience 1, suggérant que l'effet apparaît seulement au cours du traitement de la phrase. De Vega (2015) conclut que l'apport principal de l'effet ACE est de démontrer que les processus moteurs sont activés lorsqu'une personne comprend l'action décrite par le texte. En résumé, l'ensemble des travaux présentés montrent que la compréhension entraîne des simulations sensori-motrices des situations décrites par le texte. Cependant, ceci soulève la question du développement et de l'émergence des concepts en mémoire.

### **3.2.3. Le développement des concepts**

Les premiers concepts sont acquis en fonction des expériences sensori-motrices qu'ont les enfants avec leur environnement. Depuis les travaux de Piaget (1935) il est admis que les concepts sont intrinsèquement liés aux représentations sensori-motrices durant l'enfance. Cependant, d'après l'approche computo-symbolique, les concepts sont abstraits, amodaux et arbitraires (e.g. Fodor, 1986), ce qui suppose qu'au cours du développement les concepts perdraient leur caractère multimodal pour devenir symbolique, le rôle des expériences sensori-motrices devenant progressivement moins important. Par exemple, d'après Howell et al. (2005) les concepts précoces émergent des capacités sensori-motrices qui se développent avant les mots, mais les acquis plus tardifs ne font pas systématiquement référence à des concepts physiques, et émergent de relations indirectes entre les mots connus. D'après cette approche, une partie des concepts se développeraient hors des expériences sensori-motrices de l'individu. Or, selon l'approche incarnée de la cognition, les représentations conceptuelles résultent directement des expériences passées (Gallese & Lakoff, 2005; Glenberg & Gallese, 2012), les concepts sont liés aux représentations sensori-motrices et ce tout au long de la vie. Dans cette section, nous allons nous intéresser aux travaux supportant l'idée que les concepts se développent à l'aide des expériences sensori-motrices des individus, et émergent grâce à ces expériences, et ce auprès des enfants comme auprès des adultes. Nous nous intéresserons particulièrement au lien entre l'action et le développement des concepts.

L'existence d'un lien entre l'action et la compréhension a été mise en évidence dans des études portant sur le développement du langage chez des jeunes enfants. En partant du constat que ces derniers utilisent souvent le geste pour communiquer avant d'utiliser des mots, Iverson et Goldin-Meadow (2005) ont soulevé la question suivante : est-ce que le geste précède simplement le développement de la parole ? Ou est-ce que le geste est impliqué dans le

développement de la parole ? Ils ont réalisé une étude longitudinale composée de huit sessions d'observation auprès d'enfants âgés entre 10 et 24 mois. Les auteurs se sont focalisés sur les gestes et le langage utilisés dans le but de communiquer. Durant les sessions d'observations, des jouets étaient présentés à l'enfant qui était libre de les utiliser. Les résultats montrent que les gestes se développent avant le langage, puis les enfants utilisent une combinaison de gestes et de langage afin de communiquer, avant de finalement n'utiliser que le langage. Cette étude supporte l'idée que les gestes ont un rôle facilitateur dans le développement précoce du langage. Ce lien entre le langage précoce et l'action, est également rapporté par Capirci et al. (2007). Les auteurs ont repris plusieurs études longitudinales portant sur les stades précoces du langage dans une méta-analyse. Les différentes études convergent vers l'hypothèse que les fonctions motrices et langagières possèdent des mécanismes cérébraux en commun : les gestes et interactions que réalisent les jeunes enfants aident au développement du langage. Des études réalisées auprès d'enfants plus âgés corroborent cette idée. Par exemple, Huttenlocher et ses collaborateurs (1983) montrent que vers 2 ans les enfants comprennent en premier le sens des verbes relatifs à des actions qu'ils peuvent réaliser (e.g. marcher) avant les verbes relatifs à des actions qu'ils observent uniquement.

L'idée que l'action aide au développement du langage a également été développée par Wellsby et Pexman (2014a). Ces auteurs se sont intéressés à l'importance des expériences sensorimotrices dans le développement des enfants, et précisément le développement des concepts et du langage. Les jeunes enfants utilisent les interactions qu'ils peuvent réaliser avec leur environnement pour recevoir des informations en retour, qui avec l'accumulation des expériences permettent l'acquisition de connaissances conceptuelles et langagières. Les auteurs ont réalisé une étude testant l'impact du développement du *Body-Object Interaction* (BOI) sur les processus langagiers chez les enfants (Wellsby & Pexman, 2014b). Le BOI est une mesure de la facilité avec laquelle le corps humain peut interagir avec le référent du mot (Siakaluk, Pexman, Aguilera et al., 2008a). Elle n'est pas liée à la concrétude de l'objet référent ni à la facilité à se représenter mentalement l'objet, mais plutôt aux interactions sensorimotrices qu'il est possible d'avoir avec l'objet. Par exemple, le mot *masque* a un fort BOI, alors que le mot *bateau* a un BOI plutôt faible, même s'il s'agit d'un objet concret et facilement imaginable. Wellsby et Pexman (2014b) ont étudié cet effet sur des mots isolés lus auprès d'enfants âgés de 6-7 ans et de 8-9 ans. L'effet du BOI, à savoir une facilitation des mots à BOI élevé comparativement à des mots à BOI faible, a été observé chez les enfants plus âgés mais pas chez les plus jeunes. Cependant, Inkster et al. (2016) soulèvent deux limites à cette étude : (1)

l'absence d'effet pourrait être la conséquence des capacités peu développées au niveau de la reconnaissance des mots écrits chez les enfants plus jeunes ; (2) les items utilisés s'appuient sur les expériences physiques d'adultes et non d'enfants. Pour y remédier les auteurs ont présenté les mots sous forme orale et non visuelle et ont construit et utilisé un *child-BOI*, c'est-à-dire une liste de mots adaptée aux expériences physiques que des enfants de 6-7 ans peuvent avoir avec leur environnement. En adaptant le matériel et en présentant les mots oralement, les auteurs observent un effet BOI auprès de leur population étudiée. Avec l'âge et l'accumulation des expériences sensori-motrices, les représentations se modifient en devenant plus riches. Enfin, Thill et Twomey (2016) confirment l'idée que les actions aident au développement des concepts, en montrant que les mots avec un fort BOI sont acquis plus tôt que les mots avec un faible BOI.

L'ensemble des travaux présentés supporte l'idée que les concepts se développent avec le geste. Néanmoins, la question de l'activation sensori-motrice dans le traitement des concepts chez les adultes demeure. Plusieurs études montrent que le BOI facilite les traitements langagiers également chez les adultes, pour des tâches de décision lexicale (Siakaluk, Pexman, Aguilera et al., 2008; Tillotson et al., 2008; Van Havermaet & Wurm, 2014), de décision sémantique (Hansen et al., 2012; Hargreaves et al., 2012; Siakaluk, Pexman, Sears, et al., 2008; Tousignant & Pexman, 2012; Yap et al., 2012) ainsi que lors de lecture de phrases (Phillips et al., 2012; Xue et al., 2015). Ainsi, contrairement à ce que l'approche computo-symbolique proposait, les adultes utilisent les informations sensori-motrices de leurs expériences passées pour accéder au sens des mots. Cependant, dans les études présentées, seuls des concepts concrets ont été utilisés. Qu'en est-il des concepts abstraits ? L'idée que les concepts abstraits sont incarnés via les émotions se développe (Barsalou & Wiemer-Hastings, 2005; Kousta et al., 2011; Newcombe et al., 2012; Vigliocco et al., 2014). Les expériences émotionnelles tout comme les expériences sensori-motrices sont incarnées et jouent un rôle dans l'apprentissage des concepts. Les expériences sensori-motrices auraient une influence plus importante pour les représentations des mots concrets alors que les expériences émotionnelles domineraient pour les mots abstraits. Cette idée est soutenue par plusieurs travaux dont par exemple l'étude de Kousta et al. (2011) dans laquelle les auteurs montrent que les mots abstraits avec une valence émotionnelle sont acquis plus précocement que les mots abstraits neutres. La présente thèse ne porte pas sur cette question, ainsi nous invitons le lecteur à se tourner vers l'article de Pexman (2017) pour une revue plus détaillée à ce sujet. Ainsi, d'après la cognition incarnée, qu'ils soient concrets ou abstraits, les traitements de concepts requièrent l'activation des systèmes sensori-

moteurs chez l'enfant comme chez l'adulte (Barsalou, 2010; Gallese & Lakoff, 2005; Gallese & Sinigaglia, 2011; Niedenthal et al., 2005). D'une manière similaire aux autres activités mentales, la compréhension de phrases entraîne une simulation sensori-motrice de la situation évoquée par le texte.

En résumé, de nombreux travaux montrent un lien entre l'action, la perception et le langage, avec l'idée principale que l'action aide au développement du langage. De plus, les représentations perceptives et motrices sont impliquées dans la compréhension, se traduisant expérimentalement par des temps de réponse plus courts lors de conditions cohérentes, et par l'activation d'aires motrices visibles en imagerie. Ainsi, la compréhension de textes, comme toute autre activité cognitive est sous-tendue par l'activation des traces des expériences sensorimotrices passées, impliquée dans l'émergence des connaissances. Une question subsiste encore, concernant la manière dont les connaissances sémantiques peuvent émerger sur la base des traces épisodiques des expériences passées du lecteur. Cette question, et plus précisément la différenciation des connaissances émergentes (i.e. épisodiques ou sémantiques) a été développée dans le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014), que nous allons présenter dans la section suivante.

### **3.3. Le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014)**

Dans le Chapitre 2 nous avons développé l'hypothèse de l'existence de difficultés d'émergence des connaissances sémantiques de la part des FC comme cause explicatrice de leurs difficultés de production d'inférences. En inscrivant nos travaux dans une approche incarnée de la cognition, la question de l'émergence des connaissances sémantiques se pose. Pour y répondre, nous nous appuyons sur le modèle Act-In, décrivant le contenu et le fonctionnement de la mémoire. Ce dernier permet d'apporter un support théorique à ces questions.

#### **3.3.1. Le fonctionnement général du modèle**

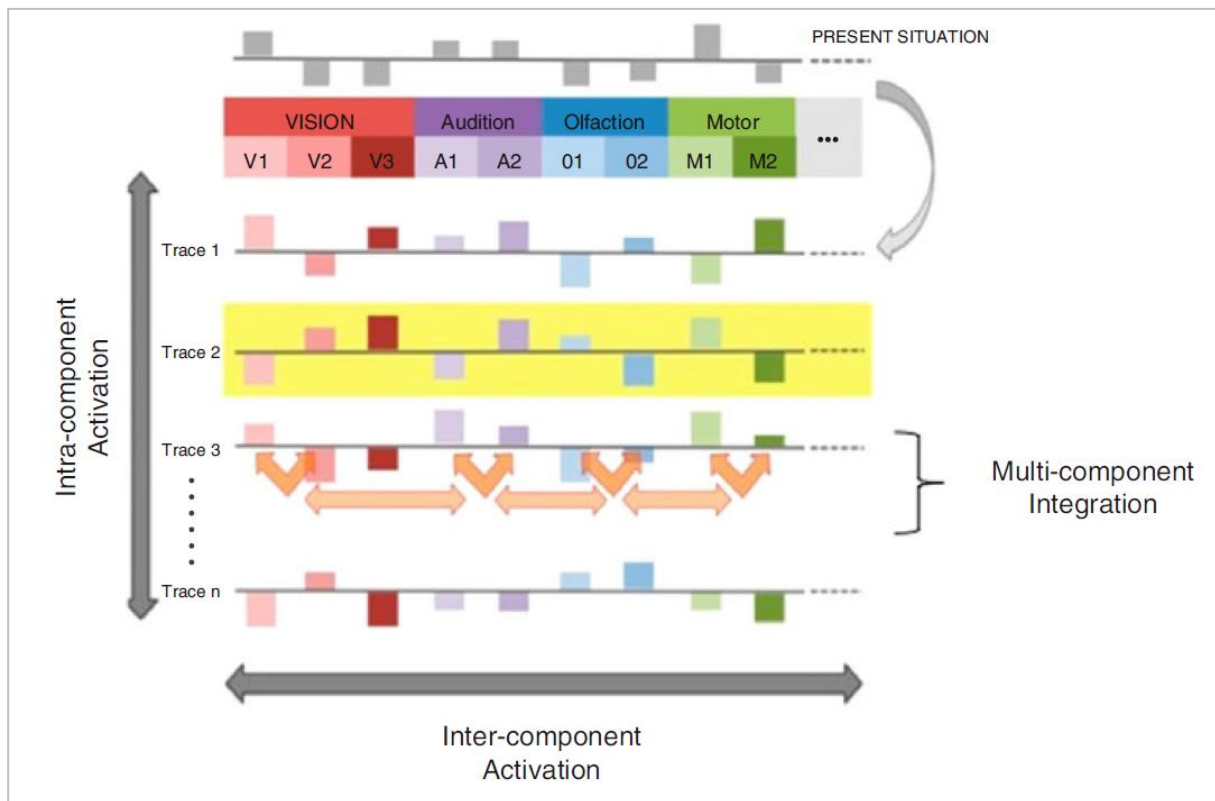
Le modèle Act-In décrit le fonctionnement de la mémoire selon une approche incarnée. Il est basé sur les modèles à traces multiples comme Minerva II (Hintzman, 1986) et suit quatre grands principes, présentés dans Versace et al. (2018, p. 51) :

- (a) Les traces mnésiques reflètent l'ensemble des composantes des expériences passées et, en particulier, les propriétés sensorielles captées par nos récepteurs sensoriels ainsi que les actions effectuées sur les objets de l'environnement [et sont par définition épisodiques]. Ces traces sensori-motrices sont distribuées ou « codées » directement dans les multiples réseaux neuronaux prenant en charge les composants des expériences vécues ;
- (b) Les connaissances émergent du couplage entre l'expérience présente et les traces des expériences passées ;
- (c) Le cerveau est un système de catégorisation qui se construit et évolue par accumulation d'expériences, produisant ainsi, par défaut, des connaissances catégorielles (sémantiques) ;
- (d) L'émergence des connaissances plus spécifiques (souvenirs) nécessite donc l'intervention de mécanismes particuliers, ceci à la fois durant [...] la construction des traces en mémoire et durant la phase d'émergence.

D'après Act-In, l'émergence des connaissances est possible grâce à des processus d'activation et d'intégration. Comme expliqué ci-dessus, par défaut le cerveau produit des connaissances catégorielles, mais des connaissances spécifiques peuvent également émerger. Le fonctionnement de la mémoire peut être schématisé selon la Figure 4. Chaque ligne représente une trace mnésique d'une expérience passée, et chaque colonne une composante de cette expérience. Il existe trois mécanismes impliqués dans le fonctionnement mnésique : (1) l'activation inter-traces (ou intra-composant) ; (2) l'activation intra-trace (ou intermodale) ; et (3) l'intégration intermodale. D'après le modèle Act-In, la mémoire fonctionne comme suit : les composants des traces mnésiques des expériences passées sont activés en fonction de l'expérience présente. Par la suite, cette activation se propage entre les traces mnésiques, c'est-à-dire entre les différentes traces ayant des composants en commun (activation inter-traces), et au sein de chaque trace (activation intra-trace). Ces deux activations se propagent de manière simultanée, et peuvent être déclenchées par les propriétés de l'environnement présentes mais également par des propriétés réactivées dans les traces qui sont non présentes dans l'environnement actuel.

**Figure 4**

*Représentation schématique du modèle Act-In*



*Note.* Reproduit à partir de « Act-In: An integrated view of memory mechanisms », par Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd M., Labeye, E., & Brunel, L., 2014, *Journal of Cognitive Psychology*, 26(3), 284.

Les mécanismes d'activation ont été mis en évidence dans l'étude de Brunel et al. (2009) que nous avons présentée dans la section 3.1.3. Dans leur étude, les auteurs montrent que la vue d'une forme géométrique présentée préalablement avec un bruit blanc, entraîne l'activation du composant associé en mémoire (i.e. le bruit blanc), impactant le traitement de la cible par la suite (présence d'un effet facilitateur avec un SOA de 500 ms, et d'un effet perturbateur avec un SOA de 100 ms). Ces résultats ont été répliqués dans l'étude de Brunel et al. (2010) avec des objets comme cibles. Comme pour l'étude de 2009, les auteurs ont créé une expérience en deux phases utilisant un paradigme d'amorçage. La première phase était identique à celle de l'étude de 2009 : les participants devaient catégoriser des carrés et des ronds gris, dont l'une des formes était systématiquement présentée avec un bruit blanc durant 500 ms. Lors de la seconde phase, les formes géométriques étaient présentées en amorce pendant 100 ou 500 ms, puis étaient suivies de l'image d'un objet comme cible. Les images représentent des objets grands (e.g. un piano) ou petits (e.g. un marteau), dont l'utilisation est associée à un bruit (objet

sonore) ou non (objet silencieux). La sonorité des grands objets étant liée à l'intensité du bruit plutôt qu'à la présence d'un son, ces items ont été utilisés comme items contrôle. Les participants devaient catégoriser la taille des objets le plus rapidement possible lors de la phase de test. Lorsque l'amorce est présentée pendant 500 ms, un effet facilitateur pour catégoriser les petits objets sonores est observé. À l'inverse, ces objets sont plus lentement catégorisés quand l'amorce est présentée pendant 100 ms. Des résultats similaires, mettant en évidence des effets facilitateurs ou perturbateurs, ont également été obtenus dans d'autres études (e.g. Lehmann & Murray, 2005; Rey et al., 2015).

En plus des mécanismes d'activation, l'intégration intermodale est nécessaire au fonctionnement de la mémoire et participe à l'émergence de connaissances. Ce mécanisme est dynamique, non linéaire et progressif. C'est l'association des trois mécanismes d'activation inter-traces, intra-trace et d'intégration qui permet l'émergence des connaissances. Cependant, en fonction des situations et des besoins, les connaissances émergentes seront des concepts (connaissances sémantiques), ou des souvenirs (connaissances épisodiques). Par exemple, en situation de lecture, les connaissances sémantiques du lecteur doivent être rapidement disponibles en MDT afin de comprendre la sens de la phrase lue. À l'inverse, lorsqu'une personne raconte ses dernières vacances, son récit sera possible grâce à l'émergence de connaissances épisodiques. Aussi, les trois mécanismes impliqués dans l'émergence des connaissances doivent rendre compte de cette différenciation.

### **3.3.2. La différenciation des formes de connaissances**

Selon l'approche classique, les connaissances épisodiques et sémantiques sont des formes de connaissances dissemblables, dont les représentations sont stockées dans deux mémoires distinctes selon leur nature (e.g. Tulving, 1972). Cependant, l'approche incarnée de la cognition rejette l'existence de systèmes modulaires, et de représentations abstraites. La différenciation de ces deux formes de connaissances est envisagée comme résultant du fonctionnement même de la mémoire selon le modèle Act-In.

Il est en effet supposé que les mécanismes d'activation inter-traces et intra-trace n'interviennent pas avec la même importance selon la nature de la connaissance émergente. Pour qu'une information sémantique émerge, un nombre important de traces mnésiques doit être activé afin qu'aucune information spécifique à une trace ne soit mise en avant. Les traces mnésiques étant le reflet des expériences passées, et par définition épisodiques, plus le nombre

de traces mnésiques activées est important et plus le poids relatif de chacune d'elle diminue. Selon Act-In, les connaissances conceptuelles émergent ainsi grâce à une diffusion importante de l'activation inter-traces couplée à une activation intra-trace (ou intermodale) non spécifique à des traces isolées. En revanche, pour qu'une connaissance épisodique émerge, il faut un nombre limité de traces activées pour que l'état du système cognitif présent soit similaire à l'état du système cognitif lors de l'expérience passée. De ce fait, l'émergence d'une connaissance épisodique requière une activation inter-traces limitée, couplée à une activation intra-trace spécifique à des traces isolées. La nature de la connaissance émergente dépend ainsi des poids des mécanismes d'activation. Cependant, les auteurs précisent que la seule activation ne suffit pas dans l'émergence des connaissances et que l'intégration intermodale est également nécessaire à l'accès aux connaissances, qu'elles soient épisodiques ou sémantiques.

La probabilité qu'une connaissance épisodique émerge dépend ainsi de la distinctivité de la trace, plus un souvenir se distingue des autres et plus il sera facilement récupéré. Cette distinctivité serait fonction du degré d'intégration des composants de la trace. Ce principe de distinctivité de la trace a été testé empiriquement dans l'étude de Brunel et al. (2013). Plus précisément, ils ont testé la généralisation et la distinctivité d'un exemplaire en fonction de deux modalités : visuelle et auditive. Leur Expérience 2A était constituée de trois phases. La phase d'apprentissage était similaire à l'étude de Brunel et al. (2009) : les participants ont catégorisé des carrés et des cercles de quatre nuances de gris différentes, avec un son présenté simultanément pour la moitié des items. Cependant, dans cette expérience, les associations forme-son ont été manipulées afin de créer des items isolés. Par exemple, lorsque les carrés correspondent à la catégorie sonore, trois carrés sur quatre sont présentés simultanément avec un bruit blanc (items non-isolés). Le dernier carré, quant à lui, est présenté sans le bruit blanc, créant ainsi un item isolé se distinguant des autres par l'absence de son. Concernant les items de la catégorie non-sonore, ici les cercles, trois sont présentés sans le son (items non-isolés) alors que le quatrième est présenté simultanément avec l'amorce sonore (item isolé). Les auteurs prédisent un effet de généralisation pour l'item isolé de la catégorie sonore (i.e. les carrés), c'est-à-dire que les participants auront tendance à associer en mémoire cet item avec le bruit blanc, alors même qu'il est présenté sans le son. Pour l'item isolé de la catégorie non-sonore (i.e. le cercle), les auteurs prédisent qu'il gardera sa distinctivité.

Dans l'objectif de tester leurs hypothèses, les deux phases suivantes étaient une tâche de catégorisation utilisant un paradigme d'amorçage et une tâche de reconnaissance. Lors de la



tâche de catégorisation, les participants ont catégorisé la hauteur de sons, précédés des formes géométriques de la phase d'apprentissage. Toutes les amorces étaient présentées sans son. Similairement aux résultats de l'étude de Brunel et al. (2009), le traitement des cibles est facilité par la présentation des amorces sonores, à savoir les items non-isolés de la catégorie sonore et l'item isolé de la catégorie non-sonore. L'item isolé de la catégorie sonore (le carré présenté sans son) facilite également le traitement des cibles. Ces résultats suggèrent que les participants généralisent la caractéristique sonore à l'ensemble des carrés, ainsi l'item isolé de la catégorie sonore n'est plus traité comme non sonore. Cependant, l'item isolé de la catégorie non-sonore garde sa distinctivité. Cette interprétation est confirmée par les résultats obtenus à partir de la tâche de reconnaissance dans laquelle les participants devaient reconnaître l'item isolé de chaque série. Les résultats montrent que pour la catégorie sonore, les participants ne parviennent pas à reconnaître l'item isolé, alors qu'ils y arrivent pour la catégorie non-sonore.

En résumé, le modèle Act-In inscrit le fonctionnement de la mémoire dans une approche incarnée de la cognition. La mémoire est constituée des traces mnésiques multimodales des expériences passées, et son fonctionnement est possible grâce à des mécanismes d'activations intra- et inter-traces et d'intégration intermodale. De plus, le modèle Act-In précise comment les connaissances épisodiques et sémantiques émergent. Ce modèle présente ainsi l'avantage de décrire les processus impliqués dans l'émergence des connaissances. Cet apport nous permet d'approfondir notre réflexion en développant une hypothèse explicative des difficultés de compréhension des FC sur la base d'une difficulté au niveau de l'émergence des connaissances.

### **3.4. Conclusion : L'hypothèse d'une difficulté d'émergence des connaissances**

Nous avons fait le choix d'ancrer notre réflexion dans une approche incarnée de la cognition, permettant d'apporter un point de vue alternatif aux difficultés de compréhension de textes des FC, et de plus, peu d'études ont exploré cette question des difficultés dans cette approche.

Dans le présent chapitre, nous avons présenté des travaux s'ancrant dans une approche incarnée de la cognition. La section 3.1 était consacrée aux postulats fondamentaux de cette approche. Les représentations en mémoire ne sont pas de simples concepts abstraits, mais des représentations multimodales des expériences passées. L'action est l'objectif ultime de la

cognition, et de ce fait, l'environnement est traité en fonction des interactions possibles avec celui-ci. Les connaissances émergent ainsi en fonction des expériences passées encodées sous formes de traces mnésiques. Par la suite, nous avons présenté un ensemble de travaux montrant que la compréhension, comme toute activité cognitive, est incarnée. Le lecteur simule la situation décrite par le texte pour le comprendre, réactivant ainsi des représentations sensori-motrices. Enfin, la section 3.3 était centrée sur le modèle Act-In et l'émergence des connaissances. L'émergence est sous-tendue par des mécanismes d'activation inter-traces, intra-trace et d'intégration intermodale. Le modèle Act-In présente l'avantage d'expliquer l'émergence des connaissances sémantiques à partir de la réactivation des traces mnésiques des expériences passées, qui sont par nature épisodiques.

Sur la base de ces différents travaux et apports théoriques nous pouvons affiner nos hypothèses de recherche. Lors du Chapitre 1, nous avons présenté diverses études portant sur le profil des FC. Nous avons constaté qu'il n'existe, à ce jour, aucun consensus s'agissant des hypothèses explicatives, dû en partie à l'absence de cadre théorique commun et à l'absence d'étude portant sur les processus impliqués dans la production d'inférences. Dans le Chapitre 2, nous avons présenté le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b) décrivant les trois processus sous-tendant la production d'inférences : l'activation, l'intégration et la validation. Ce modèle présente l'avantage de proposer un cadre théorique où les difficultés des FC peuvent être interprétées selon le fonctionnement des processus impliqués dans la production d'inférences. À la fin de ce chapitre, nous avons développé l'hypothèse que les difficultés des FC pouvaient provenir d'une difficulté d'émergence des connaissances. Selon l'approche incarnée, et particulièrement le modèle Act-In, l'émergence des connaissances sémantiques est possible grâce aux mécanismes d'activation inter-trace et d'intégration. Si les FC possèdent des difficultés au niveau de ces mécanismes, alors l'émergence des connaissances sera perturbée. Toujours selon l'approche incarnée, la simulation mentale est centrale dans la cognition et la compréhension (e.g. Kaschak et al., 2005; Zwaan et al., 2002, 2004). Ainsi l'inscription de nos travaux dans cette approche nous permet de développer deux hypothèses explicatives des difficultés de compréhension : (1) les FC simuleraient moins, ou d'une manière moins efficace au cours de la compréhension, et (2) le processus d'intégration serait moins efficace chez les FC. Cette moindre efficacité, qu'elle soit au niveau de la simulation ou du processus d'intégration, perturberait l'accès aux connaissances. Afin de répondre à ces hypothèses, nous avons réalisé trois études auprès d'adolescents de 5<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> BC et FC, qui seront présentées dans le Chapitre 5. L'originalité de cette thèse résulte ainsi dans

(1) l'articulation de deux domaines de recherches : la compréhension de textes et le fonctionnement de la mémoire ; et (2) dans l'inscription de nos travaux dans une approche incarnée.

## **PARTIE EMPIRIQUE**

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse ont fait l'objet de plusieurs valorisations scientifiques. Les Études 1, 2A et 2B (Chapitre 4) ont été présentées en congrès sous forme de communications orales et par affiches :

- Lussiana, E. (2021, Avril). *Difficultés de compréhension de textes et processus de validation de phrases chez l'adolescent* [communication orale]. 1<sup>ère</sup> édition Dyscoférences. Nanterre, France.
- Lussiana, E., & Guéraud, S. (2018, Septembre). *Processus de validation et difficultés de compréhension de phrases* [communication orale]. 59<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Psychologie. Reims, France.
- Lussiana, E., & Guéraud, S. (2018, Juillet). *Sentence validation process in teenagers with reading comprehension difficulties* [communication par affiche]. 28<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Text & Discourse. Brighton, UK.
- Lussiana, E., & Guéraud, S. (2017, septembre). *Vitesse d'accès aux informations en mémoire et production d'inférences* [communication par affiche]. 58<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Psychologie. Nice, France.

De plus, elles font l'objet d'une communication sous format article, soumis prochainement au *Journal of Memory and Language* :

- Lussiana, E., & Guéraud, S. (in prep). Sentences validation process in adolescents with reading comprehension difficulties.

Les données de l'Étude 3 (Chapitre 5) seront prochainement présentées dans des congrès reportés à cause de la crise sanitaire du COVID-19 :

- Lussiana, E., Versace, R., & Guéraud, S. (Accepté : 2020, Juillet, Reporté en 2022). *Text comprehension difficulties and Memory process* [communication par affiche]. 27<sup>th</sup> Annual Society for the Scientific Study of Reading Meeting. Newport Beach, CA, USA.
- Lussiana, E., Versace, R., & Guéraud, S. (Accepté : 2020, Juin, Reporté ultérieurement). *Différences interindividuelles dans l'habileté à comprendre un texte chez les adolescents* [communication orale]. 24<sup>ème</sup> Journées Internationales de Psychologie Différentielle. Aix-en-Provence, France.

Enfin, cette étude fait l'objet d'un article en préparation, prochainement soumis au journal *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* :

- Lussiana, E., Versace, R., & Guéraud, S. (in prep). The integration process efficiency in skilled and less-skilled adolescents comprehenders.

## **Chapitre 4 : Étude du processus de validation de phrases chez les adolescents bons et faibles compreneurs**

Ce premier volet expérimental comprend les Études 1, 2A et 2B, testant l'efficacité du processus de validation de phrases auprès d'adolescents selon leur niveau de compréhension. Dans le chapitre 1, nous avons présenté différents travaux portant sur le profil des FC. Il n'existe pas de consensus théorique sur ce profil, néanmoins l'ensemble des chercheurs s'accordent sur le fait que les FC présentent des difficultés à produire des inférences (e.g. Oakhill, 1983). Or, cette capacité est centrale dans la compréhension de textes (Graesser et al., 1994; McKoon & Ratcliff, 1992). D'après le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b), trois processus sont impliqués dans la production : l'activation, l'intégration et la validation. Afin d'apporter une perspective nouvelle sur les difficultés des FC, nous nous intéressons au fonctionnement des processus impliqués dans la production d'inférences et particulièrement celui de la validation, dans ce présent chapitre.

D'après l'approche BM (McKoon & Ratcliff, 1998; Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999) et le modèle RI-Val, les inférences sont élaborées à partir des informations du lecteur rapidement et facilement disponibles en MDT. En s'appuyant sur cette conception et les travaux réalisés sur les FC, nous avons émis l'hypothèse que leurs difficultés de production d'inférences peuvent provenir, en partie, d'une difficulté au niveau de l'émergence des connaissances (Nation & Snowling, 1998, 1999; Weekes et al., 2008). Si les FC accèdent plus lentement aux connaissances nécessaires à la production d'inférences, un retard dans le déclenchement des processus peut apparaître. Les études 1, 2A et 2B ont pour objectif de tester cette hypothèse. Les trois études reprennent l'Expérience 1 de Richter et al., (2009) démontrant que l'efficacité du processus de validation dépend de la facilité de disponibilité des connaissances en mémoire.

Pour rappel, dans l'Expérience 1 de ces auteurs, les participants ont lu des phrases manipulées selon deux facteurs : la véracité et la facilité. Pour la moitié des phrases, une sonnerie de téléphone est entendue simultanément à l'apparition d'une information sur sa véracité. Par la suite, les anciennes phrases et de nouvelles phrases étaient présentées aux participants, qui devaient juger de leur véracité. Les résultats montrent un effet d'interférence lié à la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles et fausses uniquement : les participants commettent plus d'erreurs de validation pour les phrases difficiles fausses présentées avec la

sonnerie de téléphone que les phrases difficiles fausses sans sonnerie. Aucun effet n'est observé pour les autres types de phrases. Notons que les phrases difficiles et fausses sont celles dont les informations sont les plus difficilement disponibles. Ces résultats suggèrent ainsi que pour les phrases difficiles et fausses, la sonnerie de téléphone est entendue alors que le processus de validation est encore à l'œuvre, entraînant un effet d'interférence. Pour les autres types de phrases, la sonnerie de téléphone est entendue alors que le processus de validation a déjà opéré.

Dans nos études, nous testons le processus de validation selon le niveau de compréhension des participants : bons compreneurs, moyens compreneurs (MC) et faibles compreneurs. Comme pour l'étude originale nous nous intéressons particulièrement aux performances des participants concernant les phrases difficiles, vraies et fausses. Nous supposons qu'en fonction du niveau de compréhension, et donc de la rapidité avec laquelle les informations du lecteur deviennent disponibles en MDT, des patterns de réponses différents seront observés. Si un effet d'interférence est observé, celui-ci traduirait le fait que la sonnerie de téléphone est entendue au moment où le processus de validation opère. Afin de valider notre hypothèse, nous avons conduit trois expériences faisant varier le moment d'apparition de la sonnerie de téléphone en fonction du moment où la validation est censée avoir lieu.

Dans un premier temps nous allons décrire l'étude pilote qui nous a permis d'adapter le matériel à des adolescents français. Celui-ci est commun à nos études. Puis nous présenterons l'Étude 1 testant l'hypothèse d'un enclenchement plus lent de la part des FC. Enfin, nous développerons les Études 2A et 2B dont l'objectif est d'approfondir les résultats obtenus lors de l'Étude 1.

#### **4.1. Étude pilote : constitution du matériel**

Le matériel est adapté de l'Expérience 1 de Richter et al. (2009), et commun aux trois études. Dans l'étude originale, des phrases de culture générale faciles et difficiles ont été utilisées pour tester l'effet de la rapidité d'émergence des connaissances en mémoire chez des adultes allemands. Les phrases avec un accès facile font références à des connaissances générales que tout le monde partage (e.g. *Le café contient de la caféine*), alors que les phrases avec un accès plus difficile font références à des connaissances générales moins partagées (e.g. *La lumière entraîne la photosynthèse*). Nous avons réalisé une étude préliminaire afin d'adapter le matériel à des adolescents français âgés entre 12 et 14 ans, en nous appuyant sur

les mêmes critères que Richter et al. (2009) pour sélectionner les phrases. L'étude originale ayant été réalisée auprès d'adultes allemands, les connaissances diffèrent d'un point de vue culturel mais également par rapport à l'âge de notre population cible.

#### **4.1.1. Méthodologie**

##### **4.1.1.1. Participants**

L'étude s'est déroulée dans un collège lyonnais auprès de trois classes de 4<sup>ème</sup> (62 élèves) et trois classes de 3<sup>ème</sup> (73 élèves). En tout, 135 élèves volontaires ont participé à cette étude, dont 58 filles et 77 garçons ( $M_{\text{âge}}=13.69$  ;  $SD_{\text{âge}}=0.72$ ).

##### **4.1.1.2. Matériel et procédure**

En s'appuyant sur l'Expérience 1 de Richter et al., (2009), 294 phrases de connaissances générales ont été construites sous la forme « [groupe nominal] [*a/est/contient/entraîne*] [groupe nominal] ». Les phrases étaient toutes affirmatives et la moitié était vraie. Cent-cinquante phrases sont considérées comme faciles et 144 comme difficiles. Elles ont été élaborées en s'appuyant sur les programmes scolaires de 5<sup>ème</sup> et de 4<sup>ème</sup> dans le but de s'assurer que les élèves connaissent les différents termes employés. Les participants devaient juger de la véracité de chaque phrase et évaluer leur niveau de certitude à partir d'une échelle de Lickert en six points, allant de 1 (*Je suis vraiment incertain*) à 6 (*Je suis vraiment certain*). L'ordre de présentation des phrases a été contrebalancé en carré latin, par bloc de 72 phrases, donnant lieu à 4 versions du livret expérimental.

L'étude a été réalisée sous forme de papier-crayon en classe entière lors d'une heure de cours (environ 55 minutes). Les participants ont répondu directement sur les livrets fournis, en entourant le mot *VRAI* ou *FAUX* pour juger la véracité de la phrase, et le chiffre correspondant sur l'échelle de Lickert pour estimer la difficulté.

#### **4.1.2. Résultats**

Le nombre de phrases étant élevé, tous les participants n'ont pas eu le temps de juger l'ensemble des phrases en 55 minutes. Chaque phrase a été jugée au minimum par 120 participants. Cent-quarante-quatre phrases ont été sélectionnées et rassemblées en quatre groupes de 36 phrases selon leur véracité et leur facilité (voir Annexe A pour la liste complète)

:



- Les phrases fausses et faciles, jugées comme fausses par plus de 94% des participants, associées à un haut niveau de certitude  $M=5.63$  ;  $SD=0.19$  (e.g. *Un miroir est incassable*).
- Les phrases vraies et faciles, jugées comme vraies par plus de 92% des participants, associées à un haut niveau de certitude  $M=5.66$  ;  $SD=0.19$  (e.g. *Le café contient de la caféine*).
- Les phrases fausses et difficiles, jugées comme fausses par minimum 50% et maximum 78% des participants, associées à un niveau moyen de certitude  $M=4.50$  ;  $SD=0.66$  (e.g. *L'air a une masse*).
- Les phrases vraies et difficiles, jugées comme vraies par minimum 50% et maximum 72% des participants, associées à un niveau de certitude moyen  $M=4.27$  ;  $SD=0.76$  (e.g. *La lumière entraîne la photosynthèse*).

Afin de s'assurer de la différence de certitude entre les phrases difficiles et faciles, nous avons réalisé une ANOVA avec la Difficulté (Difficile ou Facile) et la Véracité (Vrai ou Faux) en facteurs inter-items. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel JASP (JASP Team, 2020), ainsi que toutes les analyses que nous présenterons dans les deux chapitres expérimentaux. Les analyses réalisées sur le niveau de certitude montrent que les phrases faciles sont jugées avec un taux de certitude plus élevé que les phrases difficiles  $F(1,140)=202.33$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=0.59$ . Ni l'effet principal de la Véracité ni l'effet d'interaction Facilité\*Véracité ne se sont révélés significatifs ( $p_s>.1$ ). Les analyses post-hoc montrent que les phrases faciles sont jugées avec un taux de certitude plus élevé que les phrases difficiles pour les phrases fausses  $t(140)=8.95$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=2.11$ , tout comme pour les phrases vraies  $t(140)=11.17$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=2.63$ . Cette analyse permet de confirmer la différence de difficulté entre les phrases faciles et difficiles.

## 4.2. Étude 1

L'Étude 1 a été réalisée afin de tester le processus de validation de phrases en fonction de leur difficulté et du niveau de compréhension d'adolescents. Dans l'Expérience 1 de Richter et al. (2009), les chercheurs montrent que la vitesse de disponibilité des connaissances influence l'efficacité du processus de validation. D'après les auteurs, une phrase facile fait référence à

des informations fortement reliées entre elles en mémoire. De ce cas, l'activation d'une information entraîne rapidement l'activation des informations avec lesquelles elle est reliée, à l'inverse des phrases difficiles où la propagation est plus lente.

L'objectif principal de cette étude était de confirmer l'hypothèse selon laquelle les FC présentent un ralentissement lors de la phase d'évaluation de la pertinence des informations lues, qui résulterait d'une difficulté d'émergence des connaissances. Dans l'expérience originale, les adultes présentent un effet d'interférence pour les phrases les plus difficiles uniquement (i.e. difficiles et fausses). L'objectif portant sur le processus de validation, le niveau de compréhension des adultes n'a pas été évalué. Nous présumons qu'ils présentent dans l'ensemble un niveau adéquat de compréhension. Aucune étude, à notre connaissance, a testé l'influence de la rapidité de disponibilité des connaissances sur la phase de validation chez des adolescents et ce en fonction de leur niveau de compréhension. De ce fait, nous avons choisi d'étudier trois groupes de compreneurs : BC, MC et FC. La production d'inférences étant une capacité qui se développe avec le développement cognitif et l'âge (Barnes et al., 1996), nous estimons qu'il existe un continuum entre les BC et les FC. De plus l'efficacité des processus sous-tendant la production d'inférences dépend de la disponibilité des informations en MDT, ainsi nous supposons qu'il existe également un continuum au niveau de la rapidité d'émergence des connaissances selon le niveau de compréhension : les informations sur lesquelles portent la validation devraient être plus rapidement disponibles en MDT chez les BC comparativement aux MC, compreneurs pour lesquels la disponibilité devraient également être plus rapide que chez les FC.

En prenant en compte ces éléments, nous avons émis trois hypothèses en fonction du niveau de compréhension. Premièrement, nous supposons que les BC présenteront un pattern de réponses identique aux adultes de l'Expérience 1 de Richter et al. (2009), à savoir un effet d'interférence causé par la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles et fausses uniquement. Deuxièmement, pour les MC nous supposons qu'ils présenteront l'effet d'interférence pour les phrases difficiles indépendamment de leur véracité. S'ils accèdent plus lentement aux connaissances que les BC, il est possible que l'effet d'interférence soit également observé sur les phrases difficiles et vraies dans la mesure où la validation serait en cours au moment où la sonnerie de téléphone est entendue. Enfin, les FC quant à eux, présenteront l'effet d'interférence uniquement pour les phrases difficiles et vraies, témoignant d'un ralentissement au niveau de l'émergence des connaissances nécessaires à la validation. Pour les phrases

difficiles et fausses, la sonnerie de téléphone devrait être entendue alors que le processus de validation n'est pas encore enclenché, n'entraînant pas de perturbation.

#### **4.2.1. Sélection des participants**

Un ensemble de tests visant à mesurer le niveau de compréhension et du vocabulaire a été réalisée afin de constituer les groupes de participants.

##### ***4.2.1.1. Matériel***

Le niveau de compréhension des participants a été mesuré à l'aide du subtest *Compréhension* de la batterie de test *EMILIE* (Duchêne, 2010) afin de constituer les groupes de participants. En plus de la capacité à produire des inférences, Cain et Oakhill (2014) montrent que les FC présentent un niveau de profondeur de vocabulaire inférieur aux BC. Néanmoins, comme le précise les auteurs, il n'existe pas de consensus pour mesurer la profondeur de vocabulaire. Dans leur étude de 2015, Oakhill et al. ont mesuré cette dimension à l'aide de plusieurs tâches dont des tâches de production de synonymes et d'hyperonymes et des tâches de jugements de synonymes et d'hyperonymes, ainsi qu'une tâche de production d'un thème général adapté de la tâche de DRM utilisé par Weekes et al., (2008). Nous avons repris ces tâches afin de mesurer le niveau de vocabulaire de nos participants.

Une tâche de similarité perceptive a également été construite afin de contrôler le temps de réponse des participants lors des tâches informatisées ne mettant pas en jeu un accès sémantique à l'information. Trois versions ont été construites afin de contrebalancer l'ordre de présentation des items pour les différentes tâches, à l'exception du subtest *Compréhension* où les questions suivent un ordre défini.

##### **Subtest Compréhension**

Le subtest *Compréhension* est constitué d'un texte lu silencieusement par les participants sans limite de temps. Après lecture, les participants ont dû tourner la page du protocole pour répondre à des questions portant sur le texte, sans pouvoir revenir dessus. Trois types de questions ont été posés : sept questions explicites, 20 questions implicites dont la réponse correcte nécessite la production d'une inférence, et trois questions distractrices pour lesquelles le texte ne fournit aucun élément de réponse. Pour chaque question, trois réponses ont été proposées, « Vrai », « Faux », ou « ? ». Cette dernière possibilité de réponse doit être utilisée lorsque le participant pense qu'aucun élément du texte ne permet de répondre à la question. Le

codage constitue à attribuer un point pour les réponses correctes et zéro point pour les réponses erronées. Ainsi, le score maximal global est de 30 et celui de la compréhension inférentielle de 20. Notre choix s'est porté sur ce subtest car il présente en effet l'avantage de différencier la compréhension littérale de la compréhension inférentielle auprès d'adolescents scolarisés de la 6<sup>ème</sup> à la 4<sup>ème</sup>.

#### Production d'un thème général

La tâche de production d'un thème général a été développée en adaptant une tâche DRM (Deese, 1959; Roediger & McDermott, 1995). Sept listes de six mots ont été présentées aux participants (e.g. *Relaxation, Lit, Fatigue, Rêve, Sieste, Couverture* ; liste complète en Annexe B), qui ont dû indiquer le thème général de la liste (ici dormir). Les listes étaient présentées dans un ordre différent suivant les versions. Pour chaque liste, une note de 1 point a été attribuée pour les réponses correctes et 0 pour les réponses incorrectes. Un point a été également attribué si la réponse donnée est un synonyme de la réponse attendue, pour un score maximum de sept.

#### Production et jugement de synonymes

Trente paires de synonymes ont été constituées sur la base du programme de 5<sup>ème</sup> sur l'utilisation de synonymes (e.g., *Livre – Bouquin* ; liste complète en Annexe C). Pour la moitié des paires, le deuxième mot a été remplacé par un mot ayant un sens différent constituant les items faux pour la tâche de jugement de synonymes (e.g. *Lever – Peser*). Pour cette tâche, chaque participant jugeait 16 paires de mots, huit paires de synonymes et huit paires de mots avec une signification différentes. Pour la tâche de production de synonymes, seul le premier mot de chaque paire était donné. Chaque participant voyait une liste de 10 mots, construite en s'assurant que les mots soient différents de ceux utilisés dans la tâche de jugement. Pour chaque mot, une note de 1 point a été attribuée pour les réponses correctes et 0 pour les réponses fausses, pour un score maximum de 10. Les synonymes ont été validés à l'aide du dictionnaire électronique des synonymes du laboratoire CRISCO (Université Caen Normandie, <https://crisco2.unicaen.fr>). Trois versions ont été constituées afin de contrebalancer les mots présentés dans la tâche de production et de jugement.

#### Production et jugement d'hyperonymes

Trente exemplaires de catégorie ont été utilisés et présentés sous forme de phrase (e.g., *Un caniche appartient à la catégorie des chiens.* ; liste complète en Annexe D). Pour la tâche de

production d'hyperonymes, la catégorie a été supprimée constituant des phrases à trou (e.g., *Un caniche appartient à la catégorie des*). Chaque participant répondait à 10 items uniquement. Une note de 1 a été attribuée pour les réponses correctes et 0 pour les réponses erronées. Comme pour la tâche de production de synonymes, un point était également attribué si la réponse donnée était synonyme de la réponse attendue pour un score maximum de 10. Pour la tâche de jugement d'hyperonymes, les phrases entières ont été utilisées, la moitié modifiée pour constituer les items faux, en remplaçant la catégorie sémantique (e.g., *Un sapin appartient à la catégorie des gâteaux*). Chaque participant voyait 16 phrases, dont huit fausses en s'assurant qu'elles soient différentes de celles utilisées pour la tâche de production. Trois versions ont également été construites, afin de contrebalancer les items entre les tâches.

#### *Similarité perceptive*

Seize paires de mots ont été constituées pour la tâche de similarité perceptive, une moitié constituée de deux mots identiques correspondant aux items vrais (e.g. *Éléphant – Éléphant*) et l'autre moitié de deux mots différents correspondant aux items faux (e.g. *Courgette – Bretzel*). Les paires fausses ont été construites de sorte que les mots aient des silhouettes différentes (voir Annexe E). Similairement aux tâches de jugement de synonymes et d'hyperonymes, les réponses correctes pour les items vraies ont été recueillies informatiquement.

#### **4.2.1.2. Procédure**

La tâche de compréhension de texte, et celles de production d'un thème général, de synonymes et d'hyperonymes ont été présentées aux élèves sous format papier-crayon lors d'un pré-test en classe entière durant une heure de cours (55 minutes). Les tâches de jugement de synonymes et d'hyperonymes et la tâche de similarité perceptive ont été présentées de manière informatisée avant la tâche expérimentale adaptée de Richter et al. (2009). Les participants ont réalisé en premier la tâche de jugement de synonymes, en indiquant si les deux mots présentés sont synonymes à l'aide des touches correspondantes (« a » pour les réponses *Vrai* et « p » pour les réponses *Faux*). Les mots apparaissaient aléatoirement à l'écran jusqu'à réponse des participants. Par la suite les participants ont réalisé la tâche de jugement d'hyperonymes selon la même procédure. Enfin la tâche de similitude perceptive a été réalisée. Les paires de mots apparaissaient aléatoirement à l'écran sans limitation de temps jusqu'à réponse du participant. Les touches de réponses étaient identiques aux tâches précédentes.

#### 4.2.1.3. Résultats

Sur les 135 adolescents de langue maternelle française scolarisés en 4<sup>ème</sup>, seuls 95 ont réalisé les différentes tâches entièrement et sans perturbation ou problèmes liés au matériel. Le niveau de compréhension de textes a été évalué en tenant compte du score de compréhension inférentielle uniquement. En effet, de nombreuses études soulignent que les FC se distinguent des BC sur leur habileté à produire des inférences uniquement (e.g. Cain & Oakhill, 1999). Trois groupes de compreneurs sont ainsi constitués sur la base des quartiles : (1) le premier quartile regroupe 22 FC (6 filles ;  $M_{\text{âge}}=13.66$  ;  $SD_{\text{âge}}=0.42$ ) ayant obtenu un score entre 7 et 12, (2) les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles rassemblent 53 MC (24 filles ;  $M_{\text{âge}}=13.61$  ;  $SD_{\text{âge}}=0.46$ ) ayant un score entre 13 et 16, et (3) le dernier quartile est constitué de 20 BC (8 filles,  $M_{\text{âge}}=13.68$  ;  $SD_{\text{âge}}=0.45$ ) ayant obtenu un score entre 17 et 20.

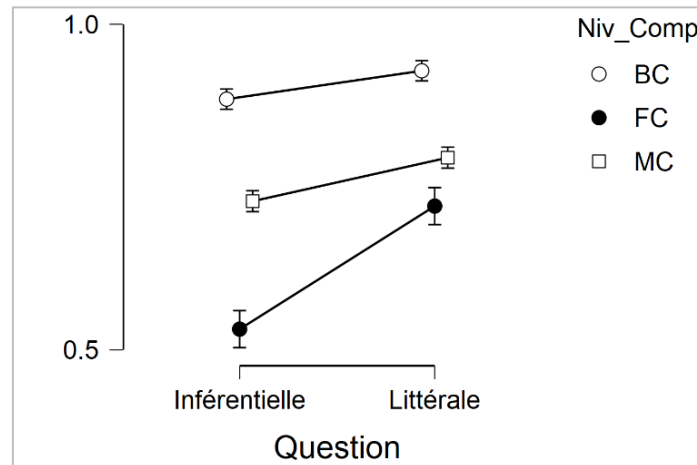
Afin de vérifier la validité des groupes constitués, une ANOVA a été réalisée avec comme facteur intra-sujet le Type de question (Littérales ou Inférentielles) et en facteur inter-sujets le Niveau de compréhension (BC, MC ou FC). Les analyses réalisées sur le pourcentage de réponses correctes révèlent un effet principal du Type de question  $F(1,92)=30.65$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.25$ , les participants répondent mieux aux questions littérales qu'aux questions inférentielles (voir Annexes F pour le tableau des moyennes). De plus, l'effet principal du Niveau de compréhension est également significatif  $F(2,92)=50.7$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.52$ . Les analyses post-hoc révèlent que les BC répondent mieux que les MC  $t(92)=6.13$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.63$ , et que les FC  $t(92)=10.07$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=1.03$ . De plus, la différence de performances entre les MC et les FC est également significative  $t(92)=5.92$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.61$  : les MC ont de meilleures performances que les FC.

L'effet d'interaction Type de question\*Niveau de compréhension atteint le seuil de signification  $F(2,92)=5.61$  ;  $p=.005$  ;  $\eta^2_p=.11$ . Les analyses post hoc confirment la différence de performances pour les questions inférentielles entre le groupe des BC avec le groupe des MC  $t(181.4)=4.95$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.51$ , ainsi que le groupe des FC  $t(181.4)=9.48$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.97$ . Les BC répondent mieux aux questions inférentielles que les MC et les FC. De plus, le groupe des MC obtient de meilleures performances que les FC  $t(181.4)=6.43$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.66$ . Concernant les questions littérales, les BC répondent mieux que les MC  $t(181.4)=4.22$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.43$ , et que les FC  $t(181.4)=5.58$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.57$ . En revanche, la différence entre les FC et les MC n'atteint pas le seuil de significativité ( $p_{\text{tukey}}>.1$ ). La Figure 5 montre que les différences observées sont plus importantes pour les questions inférentielles que

pour les questions littérales. De plus, les FC se distinguent bien des MC au niveau de la compréhension inférentielle et non de la compréhension littérale.

**Figure 5**

*Effet d'interférence Type de question\*Niveau de compréhension*

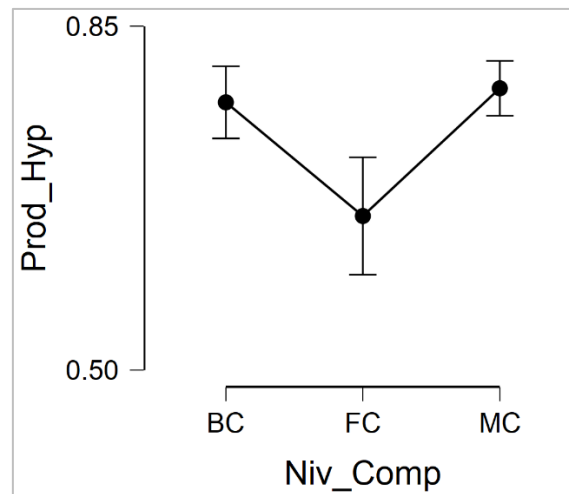


*Note.* Niveau Comp : Niveau de compréhension.

Des analyses supplémentaires ont été réalisées sur les pourcentages de réponses correctes pour les différents tests mesurant l'étendue du vocabulaire selon le niveau de compréhension (voir Annexes F pour le tableau des moyennes). Aucun effet du niveau de compréhension est mis en évidence pour les tâches de production d'un thème général, et de production de synonymes ( $F_s < 1$ ). De plus, l'effet du Niveau de compréhension pour la tâche de jugement de synonymes n'atteint pas le seuil de significativité ( $p > .1$ ). Enfin, concernant la tâche de production d'hyperonymes, l'analyse ANOVA révèle un effet marginal du Niveau de compréhension sur le pourcentage de réponses correctes  $F(2,92)=2.90$  ;  $p=.06$  ;  $\eta^2_p=0.06$ . La Figure 6 montre que les FC semblent se différencier des BC et MC sur la production d'hyperonymes. Cependant, les analyses post-hoc révèlent uniquement une différence marginale entre les performances des MC et des FC  $t(92)=2.37$  ;  $p_{tukey}=.052$  ;  $d=0.57$ .

## Figure 6

*Effet du Niveau de compréhension pour la tâche de production d'hyperonymes*



*Note.* Prod\_Hyp : Production d'hyperonymes

Enfin, concernant la tâche de similitude perceptive, une ANOVA a été réalisée sur les temps de réponse pour les paires d'items identiques. L'effet du niveau de compréhension ne se révèle pas significatif ( $p=.083$ ) : les temps de réponse sont similaires entre les groupes de participants.

Les résultats aux différents tests réalisés confirment la pertinence de nos groupes : les participants se distinguent bien sur le niveau de compréhension inférentielle. Cependant et contrairement aux résultats obtenus dans plusieurs études (e.g. Cain & Oakhill, 1999), les BC se distinguent des MC et des FC au niveau de la compréhension littérale également. La distinction que nous observons ici entre les BC et les autres compreneurs peut s'expliquer par le fait que nous distinguons trois groupes de compreneurs, alors que la plupart des études distinguent seulement les FC des compreneurs ayant un niveau de compréhension attendu pour leur âge (nommés BC). De plus, les tests mesurant le niveau de vocabulaire ne montrent aucune différence entre les différents groupes de compreneurs, à l'exception de la tâche de production d'hyperonymes. D'après la Figure 6, les FC présentent des performances inférieures aux deux autres groupes, néanmoins cette différence se révèle marginale entre les FC et les MC. Ainsi, contrairement aux travaux de Cain et Oakhill (2014; Oakhill et al., 2015) nos participants FC se distinguent des autres groupes uniquement sur leur capacité à produire des inférences. Cette distinction étant primordiale pour déterminer le niveau de compréhension des participants, les analyses nous permettent de justifier la constitution de nos groupes de participants.



## **4.2.2. Méthodologie**

### ***4.2.2.1. Matériel***

Le matériel utilisé dans l'Étude 1 correspond aux 144 phrases construites et sélectionnées grâce à l'étude pilote présentée ci-avant dans la section 4.1. Ces 144 phrases varient selon leur véracité (Vrai ou Faux) et leur difficulté (Facile ou Difficile). Le croisement systématique de ces deux facteurs a ainsi conduit à quatre catégories de phrases : faciles vraies, faciles fausses, difficiles vraies et difficiles fausses. En plus des 144 phrases, un signal sonore a été utilisé, correspondant à une sonnerie de téléphone. L'ensemble de l'expérience a été codée à l'aide du logiciel OpenSesame (Mathôt et al., 2012), ainsi que l'ensemble des expériences que nous présenterons dans nos chapitres expérimentaux.

### ***4.2.2.2. Procédure***

Les participants ont réalisé l'étude au sein de leur établissement par groupe de deux, chacun sur un ordinateur. L'expérience durait en moyenne 15 minutes, et chacun des participants recevait les consignes à l'oral d'une manière individuelle. L'étude a été réalisée dans les semaines suivant l'étude préliminaire, selon les disponibilités des établissements.

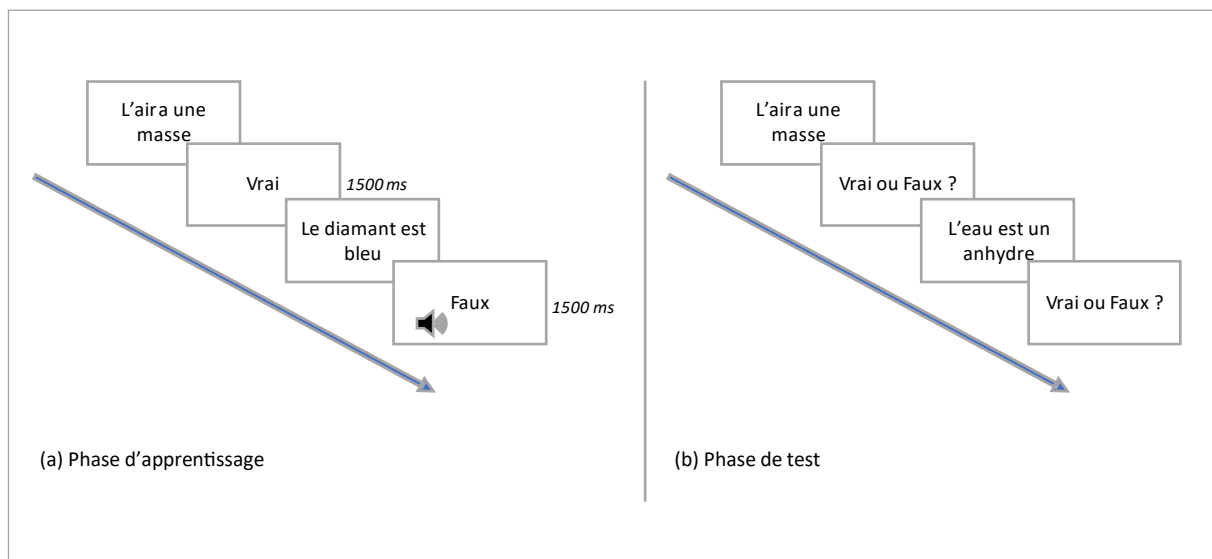
Comme l'illustre la Figure 7, l'expérience est composée de deux phases. Lors de la phase d'apprentissage, 96 phrases ont été présentées aléatoirement sur l'écran de l'ordinateur. Après avoir lu la phrase, les participants appuyaient sur une touche du clavier pour la faire disparaître. Le mot « Vrai » ou « Faux » apparaissait alors pendant 1500 ms pour indiquer la véracité de la phrase. Pour la moitié des stimuli, une sonnerie de téléphone a été entendue au moment de l'apparition du mot « Vrai » ou « Faux » durant 1000 ms. Les participants devaient appuyer le plus rapidement possible sur une touche du clavier dès l'entente de la sonnerie. Lors de la deuxième phase expérimentale, les 96 phrases de la phase d'apprentissage plus 48 phrases non lues ont été présentées à l'écran jusqu'à réponse du participant sans limite de présentation. L'intervalle inter-stimuli étant de 0 ms, dès la disparition d'une phrase, la suivante apparaissait. Les participants devaient indiquer le plus rapidement et précisément possible la véracité de la phrase, en appuyant sur les touches « Vrai » ou « Faux » du clavier (respectivement les touches *p* et *a*).

En plus de la Véracité et de la Difficulté, les phrases varient également en fonction de l'Apprentissage : chaque sujet jugeait la véracité de 48 phrases apprises avec interférence, 48

phrases apprises sans interférence et 48 phrases non apprises. Trois versions de l'étude ont été élaborées afin de contrebalancer l'ordre de présentation des phrases, et le type d'apprentissage associé à chaque phrase. Ainsi, chaque phrase a été jugée en tant que phrase apprise avec interférence dans une version, sans interférence dans une deuxième, et non apprise dans la dernière. Les phrases de la phase d'apprentissage, ainsi que de la phase test étaient présentées aléatoirement. Le pourcentage de réponses correctes ainsi que les temps de réponse pour la phase de validation, et les temps de lecture de la phase d'apprentissage ont été enregistrés. Ces deux dernières mesures ont été prises afin de s'assurer de la bonne réalisation de la tâche de la part des participants.

**Figure 7**

*Phase d'apprentissage et phase de test de l'Étude 1, adaptée de Richter et al. (2009)*



Le plan expérimental de l'étude était 2 (Véracité : Vrai ou Faux) X 3 (Apprentissage : Sans interférence ou Avec interférence ou Sans apprentissage) X 2 (Difficulté : Difficile ou Facile) X 3 (Niveau de compréhension : FC ou MC ou BC). Les variables Véracité, Difficulté et Apprentissage sont des facteurs intra-sujets et la variable Niveau de compréhension un facteur inter-sujets.

#### **4.2.3. Résultats**

Les réponses dont les temps de lecture et les temps de réponse ont été inférieurs à 750 ms et supérieurs à 2,5 écarts-types de la moyenne par participant ont été écartées, entraînant une

perte de moins de 10% des données. Huit participants ont présenté un pattern de réponses aberrant, et leurs données ont ainsi été écartées (1 FC, 1 BC et 6 MC). Une ANOVA a été réalisée sur le pourcentage de réponses correctes avec le Niveau de compréhension (FC ou MC ou BC) en facteur inter-sujets, et la Véracité (vrai ou faux), la Difficulté (difficile ou facile) et l'Apprentissage (sans interférence ou interférence ou sans apprentissage) en facteurs intra-sujets. La condition sans apprentissage correspondant à la condition contrôle, nous avons réalisé deux séries d'analyses : la première avec les conditions d'Apprentissage sans interférence et interférence uniquement afin de simplifier la compréhension ; et la seconde avec les trois conditions d'Apprentissage.

#### ***4.2.3.1. Analyse 1 : deux conditions d'apprentissage***

Les analyses réalisées sur le taux de réponses correctes révèlent des effets principaux de la Facilité, de l'Apprentissage et de la Véracité : les phrases faciles sont mieux validées que les phrases difficiles  $F(1,84)=231.42$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.73$  (voir le Tableau 1 pour les moyennes). De même, les participants valident plus correctement les phrases apprises sans interférence que les phrases apprises avec interférence  $F(1,84)=7.87$  ;  $p=.006$  ;  $\eta^2_p=.09$ . Enfin, les performances sont supérieures pour les phrases vraies que pour les phrases fausses  $F(1,84)=20.34$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.20$ . Cependant, aucun effet du niveau de compréhension n'est mis en évidence  $F<1$ . Concernant les effets d'interaction, les analyses traduisent un effet significatif Apprentissage\*Difficulté  $F(1, 84)=6.57$  ;  $p=.012$  ;  $\eta^2_p=.07$ . Comme illustré par la Figure 8, les comparaisons planifiées montrent que les phrases apprises sans interférence sont mieux validées que les phrases apprises avec interférence, mais uniquement pour les phrases difficiles  $t(167)=3.80$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.41$ . Les effets d'interaction Véracité\*Apprentissage et Véracité\*Difficulté n'atteignent pas le seuil de signification (respectivement :  $p=.082$  et  $p=.083$ ). Aucun effet d'interaction Véracité\*Apprentissage\*Difficulté n'est mis en évidence ( $F<1$ ). Enfin, l'interaction Véracité\*Apprentissage\*Difficulté\*Niveau de compréhension est proche du seuil de signification  $F(2,84)=2.96$  ;  $p=.057$  ;  $\eta^2_p=.07$ . Afin de simplifier la compréhension de cette quadruple interaction, nous avons réalisé des analyses complémentaires selon les niveaux de compréhension.

### Figure 8

*Effet d'interférence Apprentissage\*Difficulté pour l'ensemble des participants*



**Tableau 1**

*Moyennes des bonnes réponses à la tâche de validation en fonction de la véracité, de la difficulté et de l'apprentissage*

	Véracité								
	Vrai			Faux			Difficulté		
	Facile	Difficile	Total	Facile	Difficile	Total	Facile	Difficile	Total
Sans Interférence	0.98 (0.05)	0.84 (0.14)	0.91 (0.13)	0.93 (0.08)	0.74 (0.18)	0.83 (0.17)	0.96 (0.07)	0.79 (0.17)	0.87 (0.15)
Avec Interférence	0.97 (0.06)	0.77 (0.17)	0.87 (0.16)	0.94 (0.08)	0.70 (0.20)	0.82 (0.19)	0.95 (0.07)	0.74 (0.19)	0.84 (0.18)
Sans Apprentissage	0.96 (0.06)	0.64 (0.17)	0.80 (0.20)	0.93 (0.09)	0.63 (0.19)	0.78 (0.21)	0.95 (0.08)	0.64 (0.18)	0.79 (0.21)
Total	0.97 (0.06)	0.75 (0.18)	0.86 (0.17)	0.94 (0.08)	0.69 (0.20)	0.81 (0.19)	0.95 (0.07)	0.71 (0.19)	0.84 (0.18)

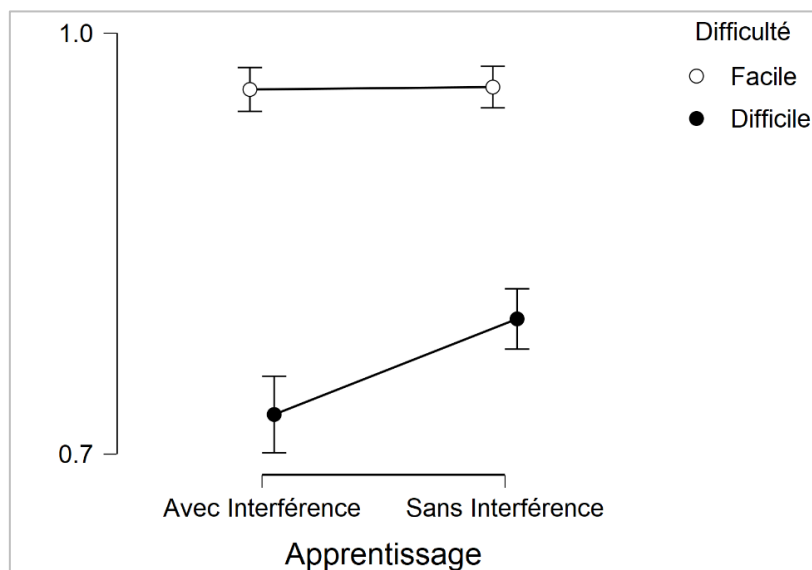
*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

### Analyse concernant les BC

Le Tableau 2 présente les moyennes obtenues à la tâche de validation selon le niveau de compréhension des participants pour les phrases difficiles uniquement (voir Annexe G pour les phrases faciles). Concernant les BC, les effets principaux de la Difficulté  $F(1,18)=78.30$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.81$ , de l'Apprentissage  $F(1,18)=6.11$  ;  $p=.024$  ;  $\eta^2_p=.25$ , ainsi que de la Véracité  $F(1,18)=5.06$  ;  $p=.037$  ;  $\eta^2_p=.22$ , sont observés comme lors de la première analyse. De plus, l'effet d'interaction Apprentissage\*Difficulté, illustré par la Figure 9, atteint également le seuil de signification  $F(1,18)=12.73$  ;  $p=.002$  ;  $\eta^2_p=.41$  : l'effet d'apprentissage se révèle significatif que pour les phrases difficiles  $t(31.2)=4.03$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.92$ . Aucun effet d'interaction de la Véracité\*Difficulté ni de Véracité\*Apprentissage n'est mis en évidence, ainsi que l'interaction Véracité\*Difficulté\*Apprentissage ( $F_s<1$ ). Néanmoins, les comparaisons planifiées montrent que pour les phrases difficiles, les BC valident mieux les phrases fausses apprises sans interférence que les phrases fausses apprises avec interférence  $t(58.9)=2.47$  ;  $p=.016$  ;  $d=0.57$ . Cette différence se révèle marginale pour les phrases vraies  $t(58.9)=1.85$  ;  $p=.069$  ;  $d=0.43$ , comme l'illustre la Figure 10. Ainsi, les BC présentent un effet d'interférence de la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles et fausses uniquement.

**Figure 9**

*Effet d'interférence Apprentissage\*Difficulté pour les BC*



**Tableau 2**

*Résultats à la tâche de validation de phrases pour les phrases difficiles en fonction de la Véracité et du Niveau de compréhension*

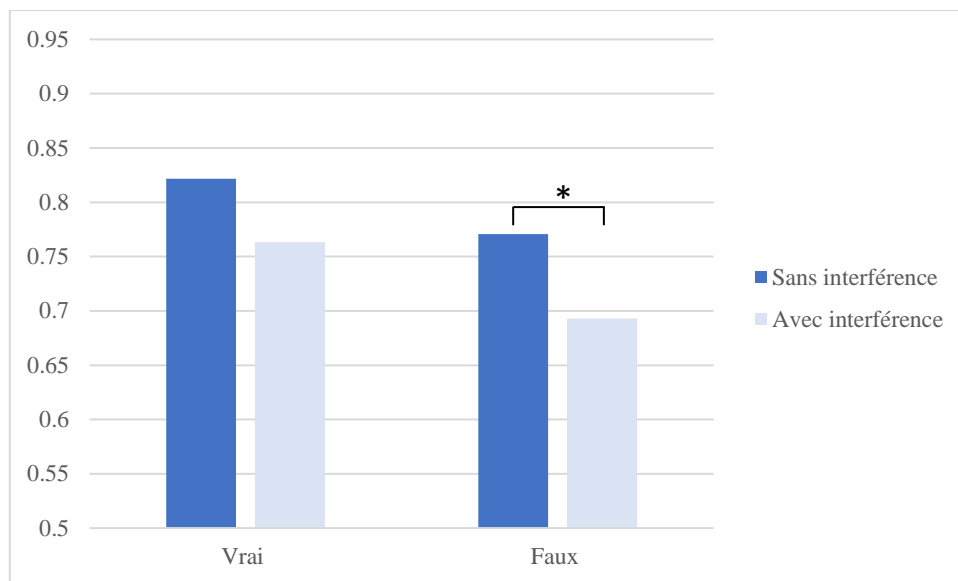
	Véracité							
	Vrai				Faux			
	Sans Interférence	Avec Interférence	Sans Apprentissage	Total	Sans Interférence	Avec Interférence	Sans Apprentissage	Total
BC	0.82 (0.12)	0.76 (0.16)	0.67 (0.17)	0.75 (0.16)	0.77 (0.16)	0.69 (0.19)	0.65 (0.15)	0.71 (0.17)
MC	0.85 (0.14)	0.78 (0.17)	0.64 (0.18)	0.76 (0.19)	0.75 (0.17)	0.69 (0.21)	0.66 (0.20)	0.70 (0.20)
FC	0.81 (0.14)	0.75 (0.18)	0.60 (0.15)	0.72 (0.18)	0.68 (0.21)	0.74 (0.21)	0.56 (0.18)	0.66 (0.21)

	Apprentissage			
	Sans Interférence	Avec Interférence	Sans Apprentissage	Total
BC	0.80 (0.14)	0.73 (0.18)	0.66 (0.16)	0.73 (0.17)
MC	0.80 (0.17)	0.74 (0.20)	0.65 (0.19)	0.73 (0.19)
FC	0.74 (0.19)	0.74 (0.19)	0.58 (0.17)	0.69 (0.20)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

**Figure 10**

*Résultats des BC à la tâche de validation pour les phrases difficiles en fonction de la Véracité et de l'Apprentissage*



*Note.* \* $p < .05$ .

Analyse concernant les MC

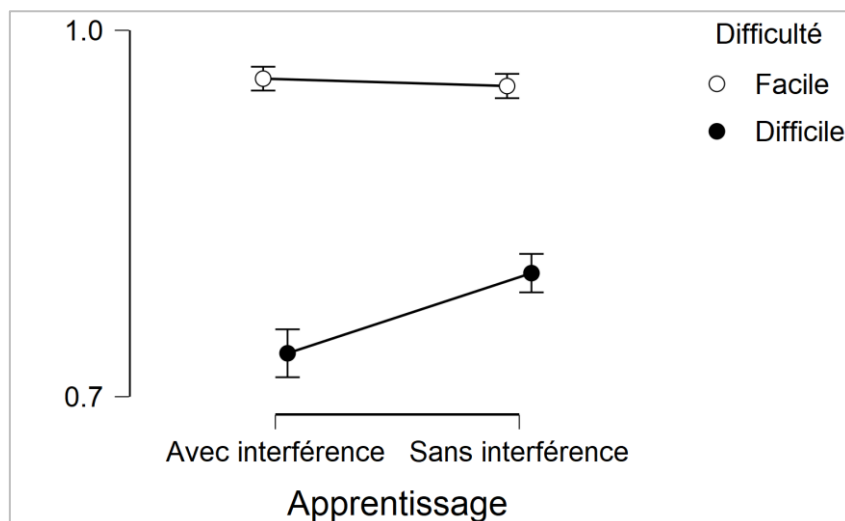
Les analyses réalisées sur les performances des MC révèlent les mêmes effets principaux que les analyses sur l'ensemble des participants : les effets de la Difficulté  $F(1,46)=125.28$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2_p = .73$ , de l'Apprentissage  $F(1,46)=7.61$  ;  $p = .008$  ;  $\eta^2_p = .14$ , et de la Véracité  $F(1,46)=15.37$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2_p = .25$ . De même, les analyses montrent un effet significatif de l'interaction Apprentissage\*Difficulté  $F(1,46)=14.31$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2_p = .24$  : les performances sont supérieures pour les phrases difficiles apprises sans interférence que les phrases difficiles apprises avec interférence  $t(90.5)=4.57$  ;  $p < .001$  ;  $d = 0.67$ , comme illustré par la Figure 11. L'effet d'interaction Véracité\*Difficulté atteint à son tour le seuil de signification  $F(1,46)=5.29$  ;  $p = .026$  ;  $\eta^2_p = .10$  : la différence de performances entre les phrases faciles et difficiles est significative pour les phrases vraies  $t(89.1)=7.12$  ;  $p < .001$  ;  $d = 1.04$ , ainsi que pour les phrases fausses  $t(89.1)=10.07$  ;  $p < .001$  ;  $d = 1.47$ . La Figure 12 montre que l'effet d'interférence est cependant plus important pour les phrases fausses. Enfin, les analyses ne révèlent aucun effet de la Véracité\*Apprentissage ni de la Véracité\*Difficulté\*Apprentissage ( $F_s < 1$ ). Les comparaisons planifiées montrent un effet d'interférence de la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles. Comme l'illustre la



**Figure 13**, les MC valident mieux les phrases apprises sans interférence que les phrases apprises avec interférence, qu'elles soient vraies  $t(180)=3.53$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.52$ , ou fausses  $t(180)=3.21$  ;  $p=.002$  ;  $d=0.47$ . Les MC présentent ainsi l'effet d'interférence attendu pour les phrases difficiles indépendamment de leur véracité.

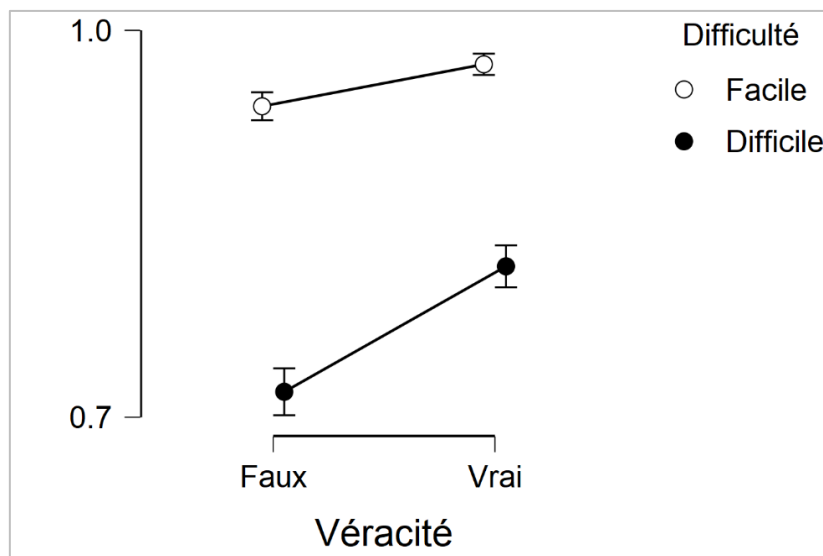
**Figure 11**

*Effet d'interaction Apprentissage\*Difficulté pour les MC*



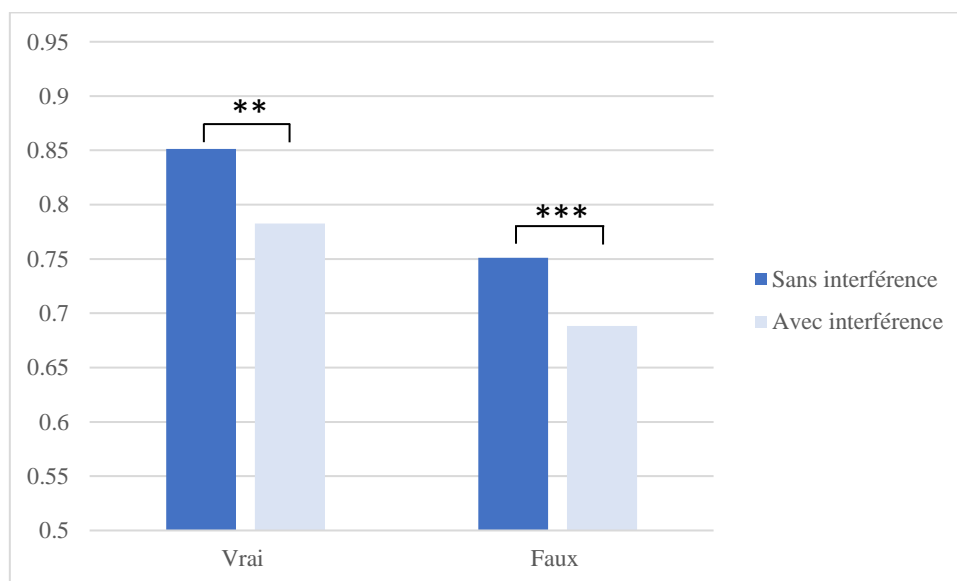
**Figure 12**

*Effet d'interaction Véracité\*Difficulté pour les MC*



**Figure 13**

*Résultats des MC à la tâche de validation pour les phrases difficiles en fonction de la Véracité et de l'Apprentissage*



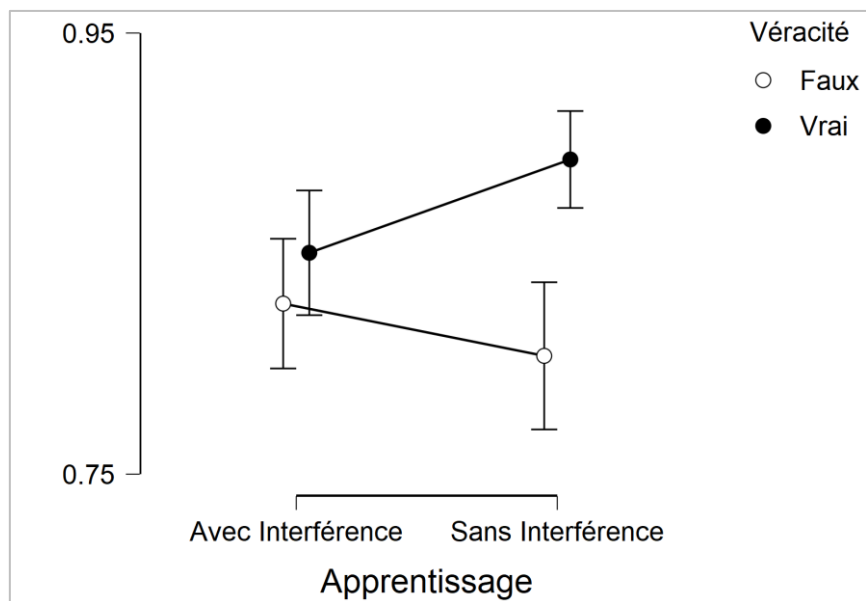
Notes. \*\* $p < .01$  ; \*\*\* $p < .001$

### Analyse concernant les FC

Pour les FC, les analyses révèlent des patterns de réponses légèrement différents. Similairement aux autres groupes, les analyses montrent les effets de la Difficulté  $F(1,20)=69.31$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.78$ , et de la Véracité  $F(1,20)=5.15$  ;  $p=.034$  ;  $\eta^2_p=.21$ . Cependant, aucun effet principal de l'Apprentissage n'est dévoilé  $F<1$ . De plus, les analyses révèlent un effet d'interaction Véracité\*Apprentissage marginal  $F(1,20)=4.16$  ;  $p=.055$  ;  $\eta^2_p=.17$  : comme illustré par la Figure 14, les FC valident mieux les phrases vraies que fausses, uniquement pour la condition sans interférence  $t(34.5)=3.02$  ;  $p=.005$  ;  $d=0.66$  ( $t<1$  pour la condition avec interférence). Aucun effet de la Véracité\*Difficulté ni de la Difficulté\*Apprentissage n'est observé ( $F_s<1$ ). Cependant, l'effet d'interaction de la Véracité\*Difficulté\*Apprentissage est significatif  $F(1,20)=5.10$  ;  $p=.035$  ;  $\eta^2_p=.20$ . Les comparaisons planifiées montrent que la différence de performances entre les phrases difficiles apprises sans interférence et avec interférence est marginale pour les phrases vraies  $t(72.6)=1.87$  ;  $p=.066$  ;  $d=0.41$ , mais non significative pour les phrases fausses ( $p=.093$ ). Les FC valident mieux les phrases difficiles apprises sans interférence que celles apprises avec interférences mais uniquement lorsqu'elles sont vraies. Comme illustré par la Figure 15, le pattern inverse est observé pour les phrases difficiles et fausses : ils valident mieux les phrases apprises avec interférence que sans interférence. Toutefois ces différences ne sont pas significatives, ainsi et contrairement à ce qui était attendu, les analyses ne révèlent aucun effet significatif de l'interférence lié à la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles.

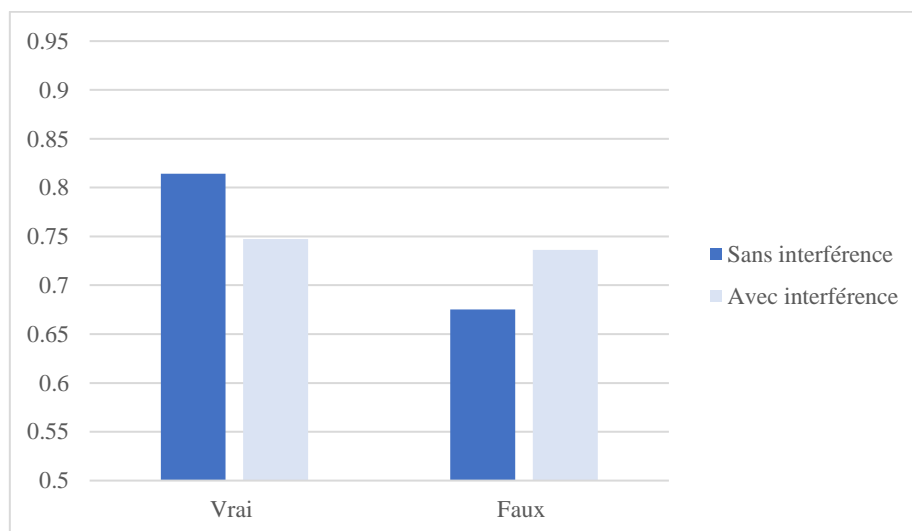
**Figure 14**

*Effet d'interaction Apprentissage\*Véracité pour les FC*



**Figure 15**

*Résultats des FC à la tâche de validation de phrases pour les phrases difficiles en fonction de la Véracité et de l'Apprentissage*



#### **4.2.3.2. Analyse 2 : trois conditions d'apprentissage**

Les mêmes analyses ont été réalisées avec les trois conditions d'apprentissage. Dans cette deuxième série d'analyses, nous nous sommes particulièrement intéressés à l'effet principal de l'Apprentissage, ainsi qu'aux effets d'interaction Véracité\*Difficulté\*Apprentissage et

Véracité\*Difficulté\*Apprentissage\*Niveau de compréhension. En effet, l'objectif de cette série d'analyses est de confirmer que les effets d'interférence sont bien liés à la sonnerie de téléphone.

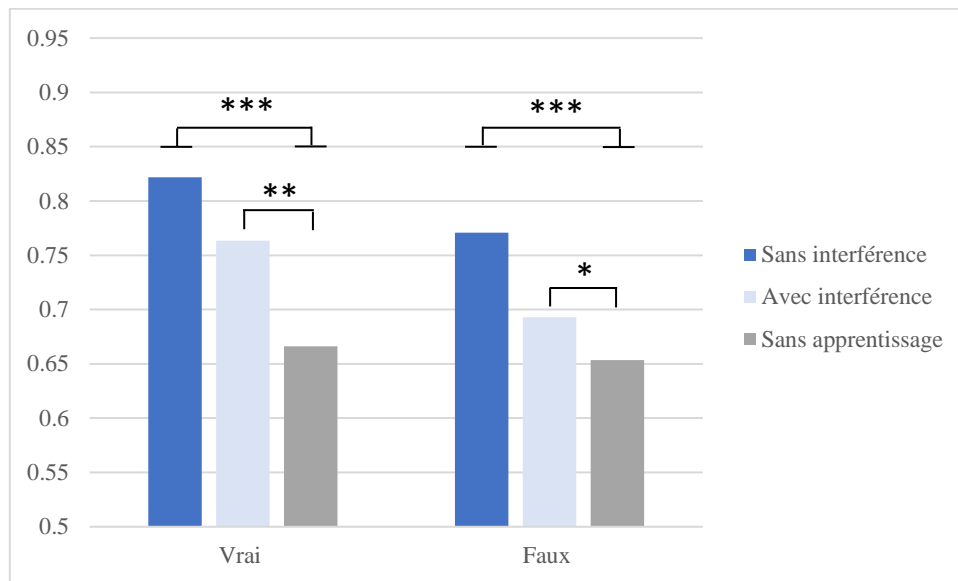
Les analyses réalisées sur l'ensemble des participants montrent un effet significatif de l'Apprentissage  $F(2, 168)=38.96$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.32$ . Les phrases non apprises sont moins bien validées que les phrases apprises sans interférence  $t(168)=8.61$  ;  $p<.001$  ;  $d=.37$ , et que les phrases apprises avec interférence  $t(168)=5.99$  ;  $p<.001$  ;  $d=.20$  (voir le Tableau 1 pour les moyennes). L'effet d'interaction Véracité\*Difficulté\*Apprentissage n'est pas significatif ( $p>.1$ ). Néanmoins, les comparaisons planifiées révèlent que, quelle que soit la véracité, les phrases difficiles non apprises sont moins bien validées que les phrases apprises sans interférence (phrases vraies :  $t(665)=6.09$  ;  $p<.001$  ;  $d=1.15$ , phrases fausses :  $t(665)=10.76$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.65$ ) ou avec interférence (phrases vraies :  $t(665)=4.62$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.77$ , phrases fausses :  $t(665)=7.16$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.50$ ). Enfin, l'effet d'interaction de la Véracité\*Difficulté\*Apprentissage\*Niveau de compréhension atteint le seuil de signification  $F(4,168)=2.44$  ;  $p=.049$  ;  $\eta^2_p=.06$ . Comme pour la première série d'analyses, nous avons réalisé des analyses selon le niveau de compréhension pour simplifier la lecture de cette interaction.

#### Analyse concernant les BC

Les analyses révèlent de nouveau un effet de l'Apprentissage  $F(2, 36)=11.75$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.40$  : les BC valident mieux les phrases apprises sans et avec interférence que les phrases non apprises,  $t(36)=4.84$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.48$  et  $t(36)=2.58$  ;  $p=.014$  ;  $d=0.22$  respectivement. Comme pour les analyses réalisées sur l'ensemble des participants, aucun effet de la Véracité\*Difficulté\*Apprentissage n'est mis en évidence  $F<1$ . Néanmoins, les comparaisons planifiées montrent que les BC valident mieux les phrases difficiles apprises sans interférence que les phrases difficiles non apprises comme illustré par la Figure 16, pour les phrases vraies  $t(134.5)=4.81$  ;  $p<.001$  ;  $d=1.10$ , et pour les phrases fausses  $t(134.5)=3.63$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.83$ . La différence de performances entre les phrases difficiles non apprises et les phrases difficiles apprises avec interférence se révèle significative pour les phrases vraies  $t(134.5)=3.00$  ;  $p=.003$  ;  $d=0.69$ , mais pas pour les phrases fausses  $p>.1$ . Les BC valident mieux les phrases difficiles apprises avec interférence que les phrases difficiles non apprises, uniquement lorsqu'elles sont vraies.

**Figure 16**

*Résultats de la tâche de validation de phrases de la part des BC pour les phrases difficiles selon les trois conditions d'apprentissage*



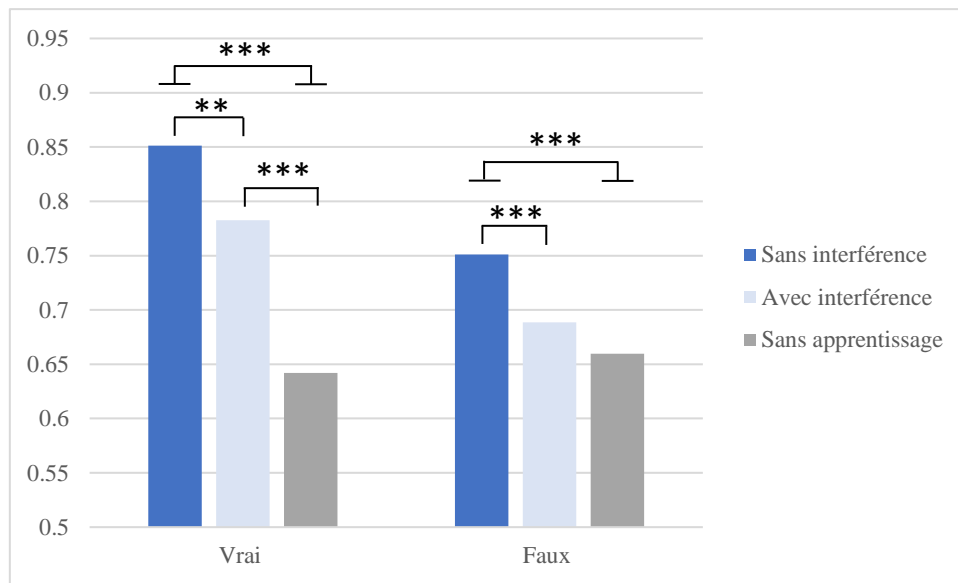
Notes. \* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$  ; \*\*\* $p < .001$ .

#### Analyse concernant les MC

Les analyses montrent de nouveau l'effet d'Apprentissage  $F(2,92)=22.04$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2_p=.32$ , les MC valident moins bien les phrases non apprises que les phrases apprises sans interférence  $t(92)=6.57$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.44$ , et avec interférence  $t(92)=4.10$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.26$ . À l'inverse des analyses sur les BC, l'effet d'interaction Véracité\*Difficulté\*Apprentissage se révèle significatif  $F(2, 92)=4.50$  ;  $p=.014$  ;  $\eta^2_p=.09$ . La Figure 17 montre qu'ils valident mieux les phrases difficiles apprises sans interférence que non apprises, pour les phrases vraies  $t(366)=9.02$  ;  $p < .001$  ;  $d=1.31$ , et fausses  $t(366)=3.94$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.57$ . Les phrases apprises avec interférence sont mieux validées que les phrases non apprises uniquement pour la condition vraie  $t(366)=6.06$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.88$  ( $p > .1$  pour les phrases fausses).

**Figure 17**

*Résultats de la tâche de validation de phrases pour les phrases difficiles chez les MC selon les trois conditions d'apprentissage*



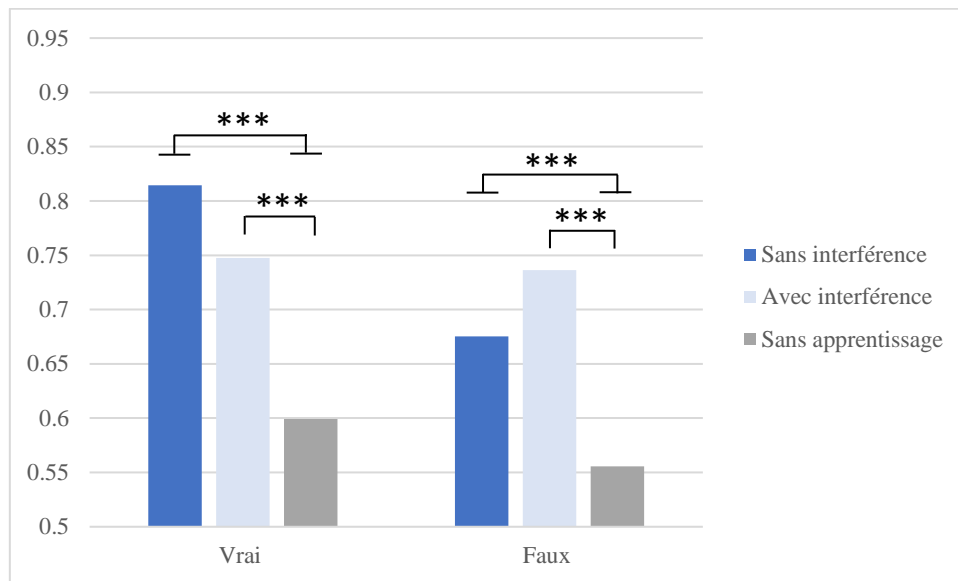
Note. \*\* $p < .01$  ; \*\*\* $p < .001$ .

Analyse concernant les FC

Enfin, les analyses réalisées sur les réponses correctes des FC révèlent un effet principal de l'Apprentissage  $F(2,40)=13.07$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2_p=0.40$  : les FC valident moins bien les phrases non apprises que les phrases apprises sans interférence,  $t(40)=4.65$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.45$ , ou avec interférence  $t(40)=4.16$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.40$ . L'effet d'interaction Vérité\*Difficulté\*Apprentissage s'approche du seuil de signification  $F(2,40)=3.12$  ;  $p=.055$  ;  $\eta^2_p=0.14$ . Les FC valident mieux les phrases difficiles apprises sans interférence que non apprises, pour la condition vraie  $t(149.1)=6.32$  ;  $p < .001$  ;  $d=1.38$ , comme fausse  $t(149.1)=3.52$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.77$ . De même, les FC valident mieux les phrases difficiles apprises avec interférence que les phrases difficiles non apprises, et ce, pour les phrases vraies  $t(149.1)=4.36$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.95$ , et pour les phrases fausses  $t(149.1)=5.31$  ;  $p < .001$  ;  $d=1.16$ . Comme illustré par la Figure 18, l'effet est plus important entre les phrases apprises sans interférence et non apprises pour les phrases vraies, alors que pour les phrases fausses, l'effet est plus important entre les phrases apprises avec interférence et non apprises.

**Figure 18**

*Résultats de la tâche de validation de phrases pour les phrases difficiles chez les FC selon les trois conditions d'apprentissage*



Note. \*\*\* $p < .001$ .

#### 4.2.4. Discussion

L'objectif de cette première étude était de confirmer que la vitesse de validation d'une phrase lue dépend de la rapidité de disponibilité des connaissances en mémoire, et par conséquent, des différences devaient émerger selon le niveau de compréhension des participants. Dans le Chapitre 1 nous avons présenté plusieurs études convergeant vers l'idée d'une différence dans l'émergence des connaissances chez les FC (e.g. Nation & Snowling, 1998, 1999; Weekes et al., 2008), pouvant entraîner des difficultés au niveau de la disponibilité des informations en MDT. En s'appuyant sur le cadre théorique développé dans le Chapitre 2, nous supposons que ce phénomène peut entraîner un retard au niveau des processus impliqués dans la production d'inférences, dont le processus de validation (e.g. Cook & O'Brien, 2014; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b; Richter et al., 2009; Richter & Rapp, 2014). Pour tester notre hypothèse nous avons repris l'étude de Richter et al. (2009) testant le lien entre la rapidité d'accès aux connaissances et la validation de phrases lues.

Les résultats de la première analyse sont en partie ceux que nous attendions : pour les phrases difficiles et fausses, seuls les BC et les MC présentent un effet d'interférence provoqué par la sonnerie de téléphone. En revanche, les résultats obtenus pour les phrases vraies ne sont

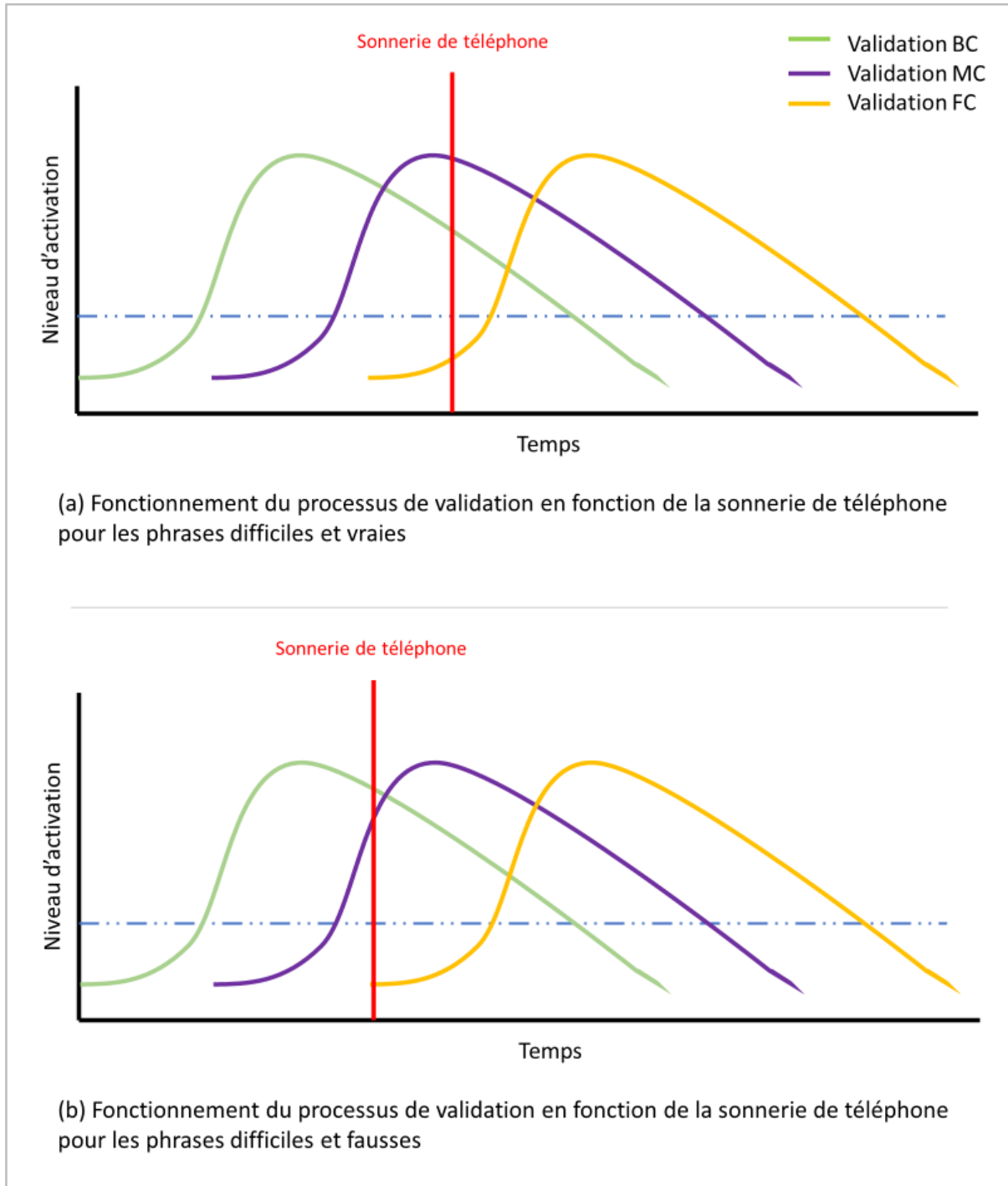


pas exactement ceux que nous attendions. Pour rappel, nous nous attendions à observer l'effet auprès des MC et FC. Or, seuls les MC présentent un effet d'interférence significatif, l'effet est marginal pour les BC et les FC. Ces effets marginaux ne sont toutefois pas en contradiction avec notre hypothèse : les patterns de réponses sont différents selon le niveau de compréhension, suggérant un enclenchement du processus de validation à différents moments entre les groupes. L'évaluation de la pertinence des phrases opère ainsi plus rapidement chez les BC que les MC, et plus lentement encore chez les FC.

Afin de faciliter la compréhension de cette interprétation, nous l'avons représentée dans la Figure 19. Les BC montrent un effet significatif seulement pour les phrases les plus difficiles, à savoir les phrases difficiles et fausses, alors qu'il est observé auprès des MC indépendamment de la véracité des phrases difficiles. Cette différence de patterns suggère que les BC enclenchent plus rapidement le processus de validation que les MC. Pour les phrases difficiles vraies (Figure 19 (a)) la sonnerie de téléphone intervient alors que le processus de validation des BC a déjà opéré. Néanmoins, pour les phrases difficiles fausses (Figure 19 (b)), la sonnerie de téléphone est entendue alors que l'évaluation des MC et des BC est en cours. Les FC quant à eux, ne présentent aucun effet d'interférence significatif. Cette absence d'effet peut s'expliquer par le fait que leur processus de validation s'enclenche avec un retard. Comme illustré par la Figure 19, ce retard serait tel que lorsque la sonnerie de téléphone apparaît le processus de validation ne s'est pas encore enclenché, n'entraînant aucune perturbation.

**Figure 19**

*Représentation de l'enclenchement du processus de validation en fonction du moment d'apparition de la sonnerie de téléphone, selon le Niveau de compréhension, pour les phrases difficiles vraies (a) et fausses (b)*



La deuxième série d'analyse a été réalisée avec les trois conditions d'apprentissage : avec interférence, sans interférence et sans apprentissage. Dans cette analyse nous nous intéressons

particulièrement à la différence de performance entre les phrases difficiles apprises avec interférence et les phrases difficiles non apprises. Les BC et les MC valident mieux les phrases difficiles apprises avec interférence que les phrases difficiles non apprises, uniquement pour les phrases vraies. Ainsi, lorsque la sonnerie de téléphone intervient au moment où l'évaluation de la pertinence des phrases opère, les performances des participants deviennent similaires pour les phrases non apprises. Cette baisse de performances montre que la sonnerie de téléphone a empêché l'évaluation de la pertinence de la phrase lue. Concernant les FC, les phrases apprises avec interférence sont mieux validées que celles non apprises, indépendamment de la véracité, confirmant l'hypothèse que leur processus de validation n'est pas encore enclenché lors de la sonnerie de téléphone.

Cette étude met en avant deux points importants : (1) l'évaluation de la pertinence des phrases dépend de la rapidité avec laquelle les informations deviennent disponibles en mémoire chez les adolescents comme chez les adultes de l'étude de Richter et al., (2009) ; et (2) les différences inter-individuelles en termes de disponibilité des connaissances en mémoire impactent ainsi le moment où le processus de validation s'enclenche au cours des traitements. Dans l'intention de confirmer notre interprétation, nous avons réalisé deux études supplémentaires, dans le but d'introduire une variation du moment d'apparition de la sonnerie de téléphone afin d'examiner dans quelle mesure elle interfère avec le processus de validation. Dans l'Étude 1, nous supposons que l'absence d'effet d'interférence pour les FC serait la conséquence d'un processus de validation s'enclenchant tardivement. Pour confirmer notre interprétation, nous avons conduit l'Étude 2A afin de retarder le moment où la sonnerie est entendue, avec l'idée que cela devrait permettre l'apparition d'un effet d'interférence pour les phrases difficiles et fausses chez les FC. Concernant les BC, nous supposons que le processus de validation s'enclenche plus rapidement chez eux que les autres compreneurs. Dans l'Étude 2B, la manipulation introduite a alors consisté à réduire le délai entre la présentation de la phrase et sa possible validation, et la sonnerie de téléphone. Nous nous attendions alors à observer un effet d'interférence sur les phrases difficiles et vraies chez les BC.

### **4.3. Études 2A et 2B**

Ces deux études ont été réalisées afin de confirmer les résultats de l'Étude 1, et l'hypothèse d'une vitesse d'enclenchement du processus de validation qui serait fonction du

niveau de compréhension. Pour ces expériences nous avons rassemblé les participants en deux groupes uniquement : les FC (Étude 2A) et les BC (Étude 2B), qui ont réalisé une seule des études selon leur niveau de compréhension. Dans l'Étude 2A, nous avons repris la procédure de l'Étude 1 en augmentant le délai entre la disparition des phrases et l'apparition de la sonnerie de téléphone, afin de faire apparaître plus tardivement le moment où survient l'interférence. Si la sonnerie de téléphone est entendue plus tardivement alors le processus de validation sera enclenché, entraînant la perturbation de la validation de la phrase. Ainsi, pour les FC nous nous attendions à ce qu'un effet d'interférence soit visible sur les phrases difficiles et fausses.

Dans l'Étude 2B nous avons modifié le temps d'apparition des phrases lors de la phase d'apprentissage : alors que dans l'Étude 1, le temps de traitement des phrases était libre, les participants devant appuyer sur une touche lorsqu'ils avaient terminé de lire la phrase, dans l'Étude 2B, les temps de lecture ont été préalablement déterminés et fixés pour tous. En rendant ces temps de lecture fixes pour les participants, nous avons ainsi contraint et avancé le moment possible de l'interférence. Pour les BC réalisant l'Étude 2B, l'effet d'interférence devrait être observé sur les phrases difficiles et vraies : le processus de validation devrait opérer au moment où la sonnerie de téléphone est entendue. En revanche, pour les phrases difficiles et fausses nous nous attendions à voir disparaître l'effet d'interférence.

### **4.3.1. Méthodologie**

#### ***4.3.1.1. Participants***

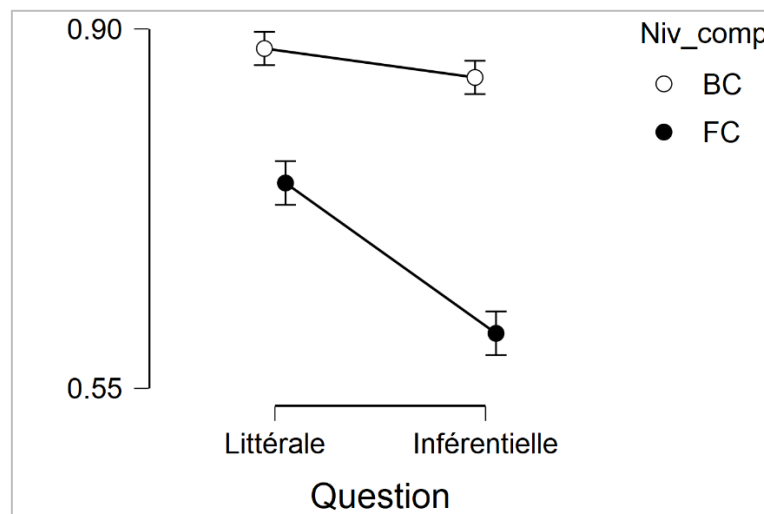
Les participants ont réalisé les mêmes tâches que dans l'Étude 1, à savoir le subtest *Compréhension* de la batterie EMILIE (Duchêne, 2010), les tâches de production d'un thème général, de synonymes et d'hyperonymes ainsi que les tâches de jugement de synonymes et d'hyperonymes (voir Annexe H pour les tableaux des moyennes). Soixante et onze collégiens, scolarisés en 4<sup>ème</sup> dans deux collèges de région parisienne, ont participé aux études 2A et 2B. Nous avons dû exclure sept participants qui n'ont pas réalisé correctement les différentes tâches. Semblablement à l'Étude 1, nous avons utilisé les réponses aux 20 questions inférentielles comme mesure du niveau de compréhension des participants, en fonction de la médiane des résultats. Les participants ont été assignés à l'Étude 2A ou 2B en fonction de leur niveau de compréhension. Les 28 participants (11 filles) ayant obtenu un score entre 9 et 14 aux questions inférentielles ont réalisé l'Étude 2A ( $M_{âge}=13.76$  ;  $SD_{âge}=0.39$ ). Les 36 autres participants (19

filles) ayant obtenu un score entre 15 et 19 ont réalisé l'Étude 2B ( $M_{\text{âge}}=13.59$  ;  $SD_{\text{âge}}=0.39$ ). L'Étude 2A a ainsi été réalisée sur des participants FC et l'Étude 2B sur des participants BC.

D'une manière similaire à l'Étude 1, une analyse ANOVA a été conduite avec comme facteur intra-sujet le Type de question (Littérales ou Inférentielles) et en facteur inter-sujets le Niveau de compréhension (BC ou FC). Les analyses réalisées sur les pourcentages de réponses correctes montrent un effet principal du Type de question  $F(1,62)=22.1$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.26$ , les participants répondent mieux aux questions littérales qu'aux questions inférentielles. De plus, l'effet principal du Niveau de compréhension se révèle significatif  $F(1,60)=75.6$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.55$  : les BC répondent mieux aux questions que les FC. Enfin, l'effet d'interaction Type de question\*Niveau de compréhension est significatif  $F(1,62)=10.1$  ;  $p=.002$  ;  $\eta^2_p=.14$ , comme illustré par la Figure 20. Les analyses post-hoc révèlent que les BC répondent mieux que les FC pour les questions inférentielles  $t(120.8)=8.69$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=1.09$ , et les questions littérales  $t(120.8)=4.57$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.57$ . La différence de performance est plus importante pour les questions inférentielles, confirmant la constitution de nos groupes de participants.

### Figure 20

*Effet d'interférence Type de question\*Niveau de compréhension pour les participants des Études 2A et 2B.*



*Note.* Niv Comp : Niveau de compréhension.

Concernant les tests mesurant le vocabulaire et la tâche de similarité perceptive, les analyses montrent un effet significatif du Niveau de compréhension pour la tâche de production d'un thème général  $F(1,62)=6.29$  ;  $p=.015$  ;  $\eta^2_p=.09$ , ainsi que pour la tâche de production de

synonymes  $F(1,62)=5.01$  ;  $p=.029$  ;  $\eta^2_p=.08$ . De plus, l'effet du Niveau de compréhension se révèle marginal pour la tâche de jugement d'hyperonymes  $F(1,62)=3.27$  ;  $p=.076$  ;  $\eta^2_p=.05$ . Les BC présentent des performances supérieures aux FC pour ces trois tâches. Enfin, l'effet du Niveau de compréhension n'atteint pas le seuil de significativité pour la tâche de jugement de synonymes ( $p>.1$ ), ni la tâche de similarité perceptive ( $p=.081$ ), et n'est pas observé pour la tâche de production d'hyperonymes ( $F<1$ ). Ainsi, contrairement à l'Étude 1, les FC de l'Étude 2A se différencient des BC de l'Étude 2B sur la production d'inférences ainsi que sur deux des mesures de la profondeur de vocabulaire, en accord avec les travaux de Cain et Oakhill (2014; Oakhill et al., 2015).

#### **4.3.1.2. Matériel**

Le matériel utilisé dans les Études 2A et 2B est identique à celui de l'Étude 1 à savoir 144 phrases regroupées en 4 catégories selon leur véracité et leur difficulté.

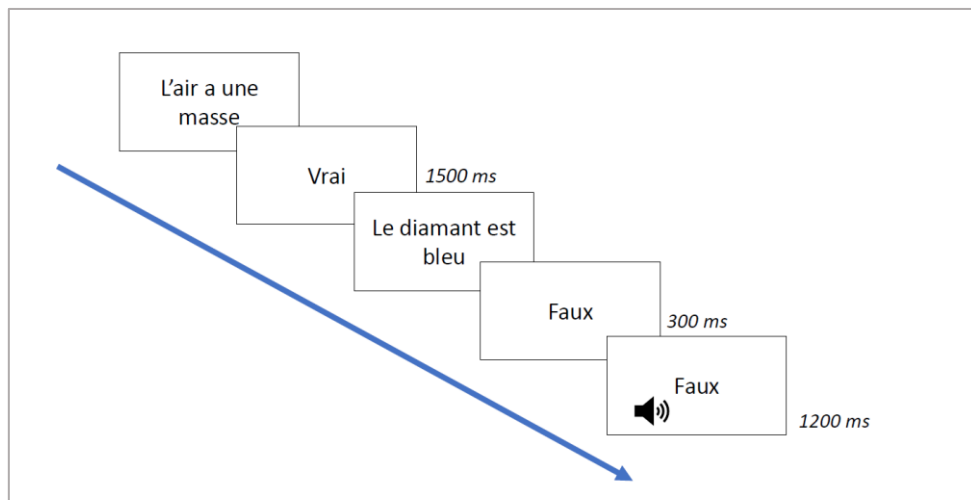
#### **4.3.1.3. Procédure**

La procédure des Études 2A et 2B est similaire à celle de l'Étude 1. Les participants ont réalisé, durant une première session, les tâches du pré-test en classe entière lors d'une heure de cours, durant 55 minutes. Lors d'une seconde session, les participants ont réalisé l'étude expérimentale en fonction de leur assignation (Étude 2A pour les FC et 2B pour les BC), en demi-classe, chacun sur un ordinateur individuel.

L'objectif de l'Étude 2A était de confirmer les résultats de l'Étude 1, à savoir que les FC auraient un retard dans l'enclenchement du processus de validation. Afin de confirmer notre hypothèse, nous avons adapté la phase d'apprentissage : pour les phrases apprises avec interférence, un délai a été ajouté entre l'apparition de l'information sur la véracité et l'apparition de la sonnerie de téléphone. Comme l'illustre la Figure 21, après avoir lu une phrase, les participants devaient appuyer sur une touche pour la faire disparaître. L'information sur la véracité de la phrase apparaissait pendant 1500 ms, et la sonnerie de téléphone était entendue 300 ms après l'apparition du mot « Vrai » ou « Faux ». L'ajout d'un délai avait pour objectif de retarder le moment de l'interférence qui devrait intervenir au moment où le processus de validation opère. Le reste de la procédure est similaire à l'Étude 1.

## Figure 21

### Phase d'apprentissage de l'Étude 2A



L'Étude 2B a été réalisée afin de confirmer les résultats obtenus de l'Étude 1, à savoir que les BC seraient plus rapides pour évaluer la véracité de la phrase. La phase d'apprentissage a été modifiée afin que la sonnerie de téléphone intervienne plus précocement, à savoir au moment où le processus d'évaluation opère pour les phrases difficiles et vraies. Pour ce faire, les temps d'apparition des phrases ont été rendus fixes. Nous avons mesuré et utilisé les temps moyens de lecture des participants BC et MC de la phase d'apprentissage de l'Étude 1 pour chaque phrase. Les phrases ont été présentées entre 1398 ms (pour la phrase *Apple est une marque*) et 3250 ms (pour la phrase *La lumière entraîne la photosynthèse*). Le reste de la procédure est similaire à l'Étude 1.

Le plan expérimental des deux études était 2 (Véracité : Vrai ou Faux) X 3 (Apprentissage : Sans interférence ou Avec interférence ou Sans apprentissage) X 2 (Difficulté : Difficile ou Facile). Les variables Véracité, Difficulté et Apprentissage sont des facteurs intra-sujets.

### 4.3.2. Résultats

Deux participants FC ont présentés des patterns de réponses aberrants, et ont ainsi été écartés de l'Étude 2A. Le pourcentage de réponses correctes et les temps de réponse de la phase de validation, ainsi que les temps de lecture pour la phase d'apprentissage, ont été enregistrés. Comme pour l'Étude 1, ces temps de lecture nous ont permis de vérifier que la tâche était bien réalisée par les participants. Les réponses pour lesquelles les temps de lecture et les temps de

réponse ont été inférieurs à 750 ms et supérieurs à 2,5 écarts-types de la moyenne pour chaque sujet ont été supprimées. Il en résulte une perte de moins de 10% des données pour l'Étude 2A et de moins de 5% pour l'Étude 2B. Des analyses ANOVAs ont été réalisées sur les réponses correctes, incluant la Difficulté, Véracité et Apprentissage en facteurs intra-sujets. La condition sans apprentissage étant une condition contrôle, nous avons réalisé deux séries d'analyses : la première comportant les phrases apprises avec et sans interférence seulement, et la deuxième les trois conditions d'apprentissage.

#### 4.3.2.1. Étude 2A

Pour rappel dans l'Étude 2A nous avons modifié la phase d'apprentissage afin de retarder le moment d'apparition de la sonnerie de téléphone : un délai de 300 ms a été ajouté entre le début de l'apparition de l'information sur la véracité de la phrase et l'apparition de la sonnerie de téléphone. Cette étude réalisée uniquement auprès de FC, avait pour objectif de permettre au processus de validation des FC de s'enclencher afin que la sonnerie de téléphone intervienne au moment où il opère.

La première série d'analyses a été réalisée sur les réponses correctes des participants pour les phrases apprises avec et sans interférence uniquement (voir le Tableau 3 des moyennes). Les analyses mettent en évidence un effet principal de la Difficulté  $F(1,25)=104.69$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.81$  : les participants valident mieux les phrases faciles que les phrases difficiles. En revanche, aucun effet de la Véracité ou de l'Apprentissage n'est mis en évidence  $F_s<1$ . Les analyses révèlent un effet d'interaction Véracité\*Apprentissage significatif  $F(1,25)=6.88$  ;  $p=.015$  ;  $\eta^2_p=.22$  (voir la Figure 22) : les participants valident mieux les phrases vraies apprises sans interférence qu'avec interférence  $t(49.6)=2.08$  ;  $p=.043$  ;  $d=0.41$ . Concernant les phrases fausses, les participants présentent le pattern inverse à savoir des meilleures performances pour les phrases apprises avec interférence que sans interférence. Cependant cette différence est marginale  $t(49.6)=1.79$  ;  $p=.079$  ;  $d=0.35$ . Aucun effet d'interaction Véracité\*Difficulté, Difficulté\*Apprentissage ou Véracité\*Difficulté\*Apprentissage n'est révélé  $F_s<1$ . De nouveau les FC valident mieux les phrases difficiles fausses apprises avec interférence qu'apprises sans interférences, comme illustré par la Figure 23 mais cette différence n'est pas significative. Aussi et contrairement à ce qui était attendu, les analyses ne révèlent pas d'effet significatif de l'interférence lié à la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles qu'elles soient vraies ou fausses.



**Tableau 3***Moyennes obtenues à la tâche de validation de phrases de l'Étude 2A*

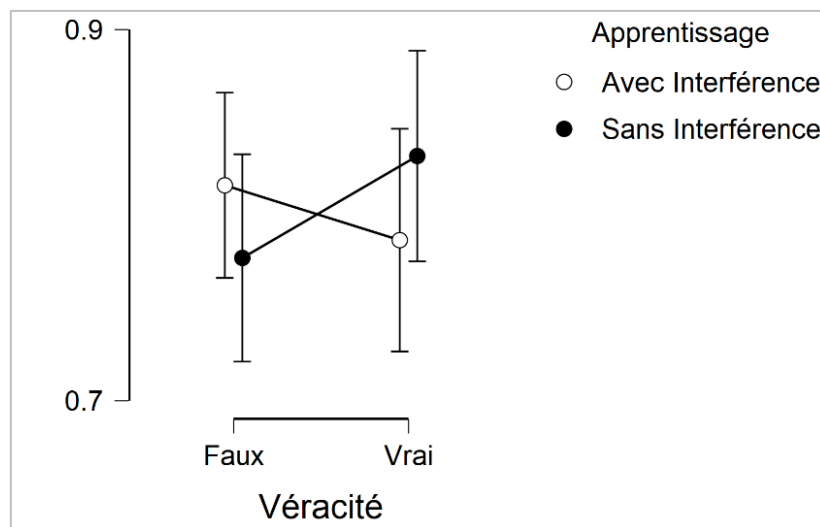
	Difficulté							
	Facile				Difficile			
	Sans interférence	Avec interférence	Sans apprentissage	Total	Sans interférence	Avec interférence	Sans apprentissage	Total
Vrai	0.96 (0.08)	0.91 (0.13)	0.94 (0.10)	0.94 (0.11)	0.70 (0.17)	0.66 (0.23)	0.59 (0.15)	0.65 (0.19)
Faux	0.90 (0.12)	0.93 (0.09)	0.93 (0.11)	0.92 (0.11)	0.66 (0.18)	0.70 (0.12)	0.59 (0.18)	0.65 (0.17)
Total	0.93 (0.11)	0.92 (0.11)	0.93 (0.10)	0.93 (0.11)	0.68 (0.18)	0.68 (0.18)	0.59 (0.17)	0.65 (0.18)

	Apprentissage			
	Sans interférence	Avec interférence	Sans apprentissage	Total
Vrai	0.83 (0.19)	0.79 (0.22)	0.77 (0.22)	0.79 (0.21)
Faux	0.78 (0.19)	0.82 (0.16)	0.76 (0.22)	0.78 (0.19)
Total	0.80 (0.19)	0.80 (0.19)	0.76 (0.22)	0.79 (0.20)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

**Figure 22**

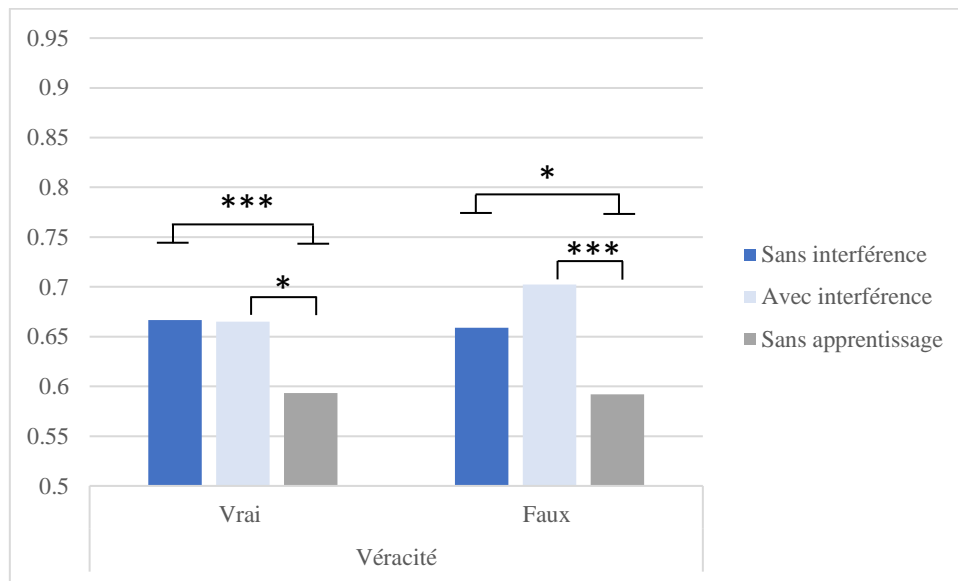
*Effet d'interaction Véracité\*Apprentissage de l'Étude 2A*



La seconde série d'analyses a été réalisée sur les réponses correctes des participants pour les trois conditions d'apprentissage. Dans cette série d'analyse, nous nous focalisons particulièrement sur l'effet principal de l'Apprentissage et sur l'effet d'interaction triple Véracité\*Difficulté\*Apprentissage. Les analyses montrent un effet principal de l'Apprentissage  $F(2,50)=4.80$  ;  $p=.012$  ;  $\eta^2_p=.16$  : les phrases non apprises sont moins bien validées que les phrases apprises sans interférence  $t(50)=2.78$  ;  $p=.008$  ;  $d=0.21$  et que les phrases apprises avec interférence  $t(50)=2.58$  ;  $p=.013$  ;  $d=0.20$ . L'effet d'interaction Véracité\*Difficulté\*Apprentissage n'atteint pas le seuil de signification  $F<1$ . Néanmoins, les participants valident moins bien les phrases vraies difficiles non apprises que celles apprises sans interférence  $t(198)=3.74$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.73$ , ou celles apprises avec interférence  $t(198)=2.44$  ;  $p=.016$  ;  $d=0.48$  (voir la Figure 23). De même, les participants valident moins bien les phrases fausses difficiles non apprises que les phrases fausses difficiles apprises sans interférence  $t(198)=2.28$  ;  $p=.024$  ;  $d=0.45$ , ou les phrases apprises avec interférence  $t(198)=3.76$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.74$ .

**Figure 23**

Résultats de l'Étude 2A à la tâche de validation pour les phrases difficiles selon les trois conditions d'apprentissage



Notes. \* $p < .05$  ; \*\*\* $p < .001$ .

#### 4.3.2.2. Étude 2B

La première série d'analyses, réalisée sur les phrases apprises avec et sans interférence, révèle un effet principal de la Difficulté  $F(1,35)=267.14$  ;  $p < .001$  ;  $\eta^2_p=0.88$  : les participants valident mieux les phrases faciles que les phrases difficiles (voir le Tableau 4 des moyennes). De même, les participants obtiennent de meilleures performances pour les phrases apprises sans interférence que pour les phrases apprises avec interférence  $F(1,35)=6.80$  ;  $p=.013$  ;  $\eta^2_p=0.16$ . Cependant, aucun effet de la Véracité n'est mis en évidence  $F < 1$ . L'interaction Véracité\*Apprentissage n'atteint pas le seuil de signification ( $p=.080$ ), ni l'interaction Difficulté\*Apprentissage ( $p > .1$ ), et aucun effet d'interaction Véracité\*Difficulté n'est mis en évidence  $F < 1$ . Enfin, l'effet d'interaction triple Véracité\*Difficulté\*Apprentissage atteint le seuil de significativité  $F(1,35)=5.98$  ;  $p=.020$  ;  $\eta^2_p=0.15$ . Comme illustré avec la Figure 24, les participants valident mieux les phrases difficiles apprises sans interférence que les phrases apprises avec interférence, uniquement pour les phrases vraies  $t(136)=3.82$  ;  $p < .001$  ;  $d=0.64$ . Contrairement à l'Étude 1, les BC de l'Étude 2B présentent l'effet d'interférence dû à la sonnerie de téléphone pour les phrases difficiles et vraies uniquement.

**Tableau 4***Moyennes obtenues à la tâche de validation de phrases de l'Étude 2B*

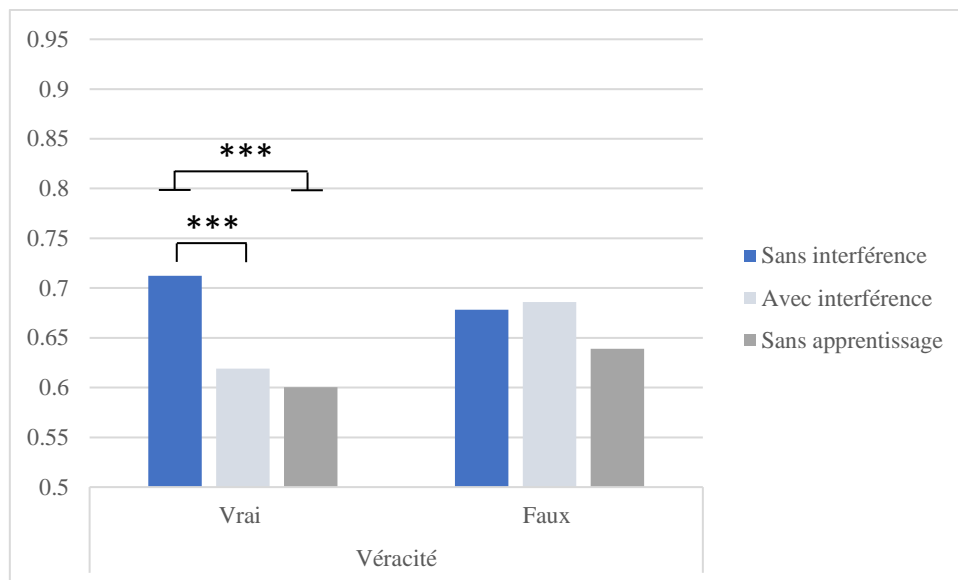
	Difficulté							
	Facile				Difficile			
	Avec interférence	Sans interférence	Sans apprentissage	Total	Avec interférence	Sans interférence	Sans apprentissage	Total
Vrai	0.96 (0.06)	0.96 (0.06)	0.96 (0.07)	0.96 (0.06)	0.71 (0.20)	0.62 (0.19)	0.60 (0.20)	0.64 (0.20)
Faux	0.96 (0.06)	0.93 (0.09)	0.94 (0.08)	0.94 (0.08)	0.68 (0.17)	0.69 (0.14)	0.64 (0.17)	0.67 (0.17)
Total	0.96 (0.06)	0.95 (0.08)	0.95 (0.08)	0.95 (0.07)	0.70 (0.18)	0.65 (0.17)	0.62 (0.19)	0.66 (0.18)

	Apprentissage			
	Avec interférence	Sans interférence	Sans apprentissage	Total
Vrai	0.84 (0.20)	0.79 (0.22)	0.78 (0.23)	0.80 (0.22)
Faux	0.82 (0.19)	0.81 (0.17)	0.79 (0.21)	0.80 (0.19)
Total	0.83 (0.19)	0.80 (0.20)	0.78 (0.22)	0.80 (0.20)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

**Figure 24**

Résultats de l'Étude 2B à la tâche de validation selon les trois conditions d'apprentissage



Note. \*\*\* $p < .001$ .

Concernant la deuxième série d'analyses réalisée sur les résultats des trois conditions d'apprentissage, nous nous sommes de nouveau focalisés sur l'effet principal de l'Apprentissage et l'effet d'interaction triple Véracité\*Difficulté\*Apprentissage. L'effet principal de l'Apprentissage se révèle significatif  $F(2,70)=5.38$  ;  $p=.007$  ;  $\eta^2_p=0.13$  : les participants valident mieux les phrases apprises sans interférence que les phrases non apprises  $t(70)=3.23$  ;  $p=.002$   $d=0.24$ . Néanmoins, aucune différence n'apparaît entre les phrases apprises avec interférence et les phrases non apprises. Enfin, les analyses révèlent un effet d'interaction triple Véracité\*Difficulté\*Apprentissage marginal  $F(2,70)=2.74$  ;  $p=.072$  ;  $\eta^2_p=0.07$ . L'analyse des effets simples montrent que les participants valident mieux les phrases difficiles lorsqu'elles sont apprises sans interférence que non apprises, uniquement pour la condition vraie  $t(276)=4.23$  ;  $p<.001$  ;  $d=0.70$  (voir la Figure 24).

### 4.3.3. Discussion

L'objectif de ces études était d'approfondir les résultats obtenus dans l'Étude 1. Les participants ont réalisé l'une des deux études en fonction de leur niveau de compréhension. Les FC ont réalisé l'Étude 2A, dans laquelle 300 ms ont été ajoutées entre le moment où les phrases de la phase d'apprentissage disparaissaient et le moment où la sonnerie de téléphone était entendue. Les BC quant à eux ont réalisé l'Étude 2B où le temps d'apparition des phrases de la

phase d'apprentissage a été rendu fixe, empêchant les participants de prendre le temps qui leur était nécessaire pour traiter la phrase, et ainsi faire émerger un effet d'interférence provoqué par la sonnerie de téléphone de manière plus précoce que dans l'Étude 1.

Les résultats obtenus ne correspondent pas à ceux attendus pour l'Étude 2A. En effet, nous nous attendions à voir apparaître un effet d'interférence de la part des FC pour les phrases difficiles et fausses. Cependant, aucun effet d'interférence significatif n'est observé, ce qui peut s'expliquer par le fait que les informations nécessaires à la production d'inférences sont disponibles avec un tel retard chez les FC qu'augmenter le délai de 300 ms n'a pas été suffisant pour que la sonnerie de téléphone interfère avec le processus de validation. Pour confirmer cette interprétation, il serait intéressant de reproduire cette étude en augmentant davantage le délai entre la disparition des phrases et l'apparition de la sonnerie de téléphone, afin de voir si l'effet d'interaction apparaît avec un délai plus long. Une interprétation alternative est toutefois envisageable : les FC pourraient ne pas évaluer la pertinence des phrases lues, ainsi en augmentant le délai, aucun effet d'interférence ne serait observé.

Les résultats de l'Étude 2B sont ceux attendus : comparés à l'Étude 1, les BC présentent un effet d'interférence pour les phrases difficiles et vraies uniquement. Cette différence de pattern de réponses suggère que la sonnerie de téléphone est entendue au moment où le processus de validation est en train d'opérer pour les phrases difficiles et vraies. Néanmoins, pour les phrases difficiles et fausses, il semblerait que les traitements n'étaient pas encore à la phase de validation. Cette interprétation est confirmée avec la deuxième série d'analyse : les phrases non apprises sont moins bien validées que les phrases apprises avec interférence uniquement lorsqu'elles sont difficiles et vraies. Malgré des résultats différents de ceux attendus pour l'Étude 2A, ces deux expériences confirment notre hypothèse selon laquelle en fonction du niveau de compréhension, le processus de validation de phrases s'enclenche plus ou moins rapidement.

#### **4.4. Discussion générale de l'axe 1**

Dans ce premier axe de recherche, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle la difficulté d'émergence des informations en mémoire des FC aurait des répercussions au niveau des processus à l'œuvre lors de la production d'inférences. Par conséquent, ils devraient plus régulièrement se retrouver dans une situation de lecture où ils avancent dans le texte et

continuent à traiter les informations de celui-ci alors que la pertinence des informations n'a pas été validée. Dans notre partie théorique nous avons expliqué que cette population présente des difficultés spécifiques de compréhension sans difficultés de décodage (Nation, 1999). Plusieurs hypothèses explicatives ont été développées, sans qu'un consensus se dégage (e.g. Cain, 2003; Cain & Oakhill, 2014; De Beni et al., 1998; De Beni & Palladino, 2000; Eme & Rouet, 2001; Georgiou & Das, 2015; Nation & Snowling, 1998, 1999; Oakhill et al., 2015; Potocki et al., 2015; Weekes et al., 2008). Depuis les travaux d'Oakhill (1983, 1984), la communauté scientifique s'accorde sur l'idée selon laquelle les FC présentent une difficulté spécifique à produire des inférences, essentielles à la compréhension de textes. D'après le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b), trois processus permettent cette production : l'activation des informations en mémoire, l'intégration de ces dernières et la validation de la pertinence des phrases selon les informations disponibles en MDT. Ce dernier processus a fait l'objet d'étude dont celle de 2009 de Richter et al., montrant que l'efficacité de celui-ci dépend de la rapidité avec laquelle les connaissances sont disponibles en mémoire. En nous appuyant sur cette dernière étude nous avons émis l'hypothèse d'une difficulté d'émergence des connaissances de la part des FC, entraînant un retard dans l'enclenchement du processus de validation. Ce retard pourrait avoir comme conséquence une absence d'évaluation de la pertinence des phrases lues.

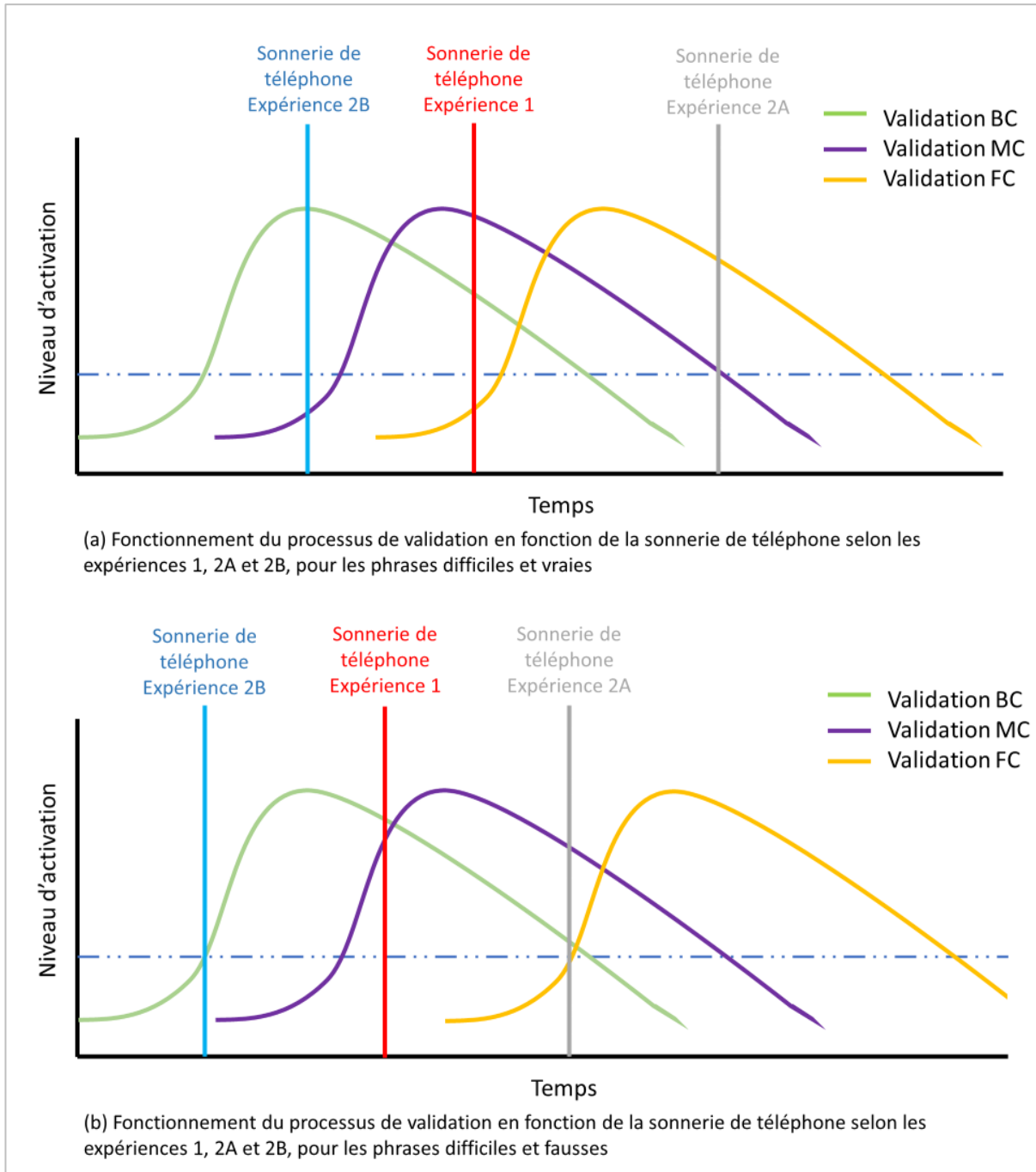
Afin de tester notre hypothèse, nous avons réalisé trois études adaptées de l'étude de Richter et al. (2009). Les participants devaient valider des phrases manipulées selon trois variables : (1) leur véracité (vrai ou faux), (2) leur difficulté (facile ou difficile), (3) et leur condition d'apprentissage (avec interférence, sans interférence ou sans apprentissage). Pour faciliter la compréhension de nos résultats, la Figure 25 illustre notre interprétation pour les phrases difficiles vraies (a) et pour les phrases difficiles fausses (b) selon les trois études. Nous avons représenté le moment où la sonnerie de téléphone est entendue par les traits verticaux rouge (Étude 1), gris (Étude 2A) et bleu (Étude 2B). D'après cette illustration, plus le niveau de compréhension est élevé, plus le processus de validation est mis en œuvre rapidement. Pour l'Étude 1 les analyses réalisées en fonction du niveau de compréhension des participants montrent des patterns de réponses différents. Comme illustré par la Figure 25, les BC présentent l'effet d'interférence pour les phrases difficiles fausses uniquement, suggérant ainsi que pour tous les autres types de phrases, la validation était arrivée à son terme avant que la sonnerie de téléphone ne soit entendue. Les MC, quant à eux, présentent l'effet d'interférence causé par la sonnerie de téléphone pour les phrases vraies et fausses. Enfin, pour les FC aucun effet

d'interférence n'est observé, conséquence d'un enclenchement particulièrement tardif du processus de validation. Comme pour l'étude de Richter et al. (2009), l'effet d'interférence illustre le fait que le processus de validation a été perturbé par la sonnerie de téléphone entendue lors de la phase d'apprentissage. Nos résultats valident l'hypothèse que le processus de validation s'enclenche plus rapidement pour les adolescents ayant un niveau plus élevé de compréhension. La rapidité avec laquelle les informations deviennent disponibles en mémoire détermine la rapidité avec laquelle la pertinence des informations lues peut être évaluée.



**Figure 25**

*Représentation de l'enclenchement du processus de validation en fonction du moment d'apparition de la sonnerie de téléphone, selon les études, pour les phrases difficiles vraies (a) et fausses (b)*



Dans le but de confirmer cette interprétation, nous avons réalisé les Études 2A et 2B, où le moment d'apparition de la sonnerie de téléphone a été manipulé. L'objectif était de retarder ce moment d'apparition dans l'Étude 2A, afin d'entraîner un effet d'interférence auprès de FC

pour les phrases difficiles et fausses. Inversement, dans l'Étude 2B, le moment d'apparition de la sonnerie de téléphone a été avancé, afin que les BC l'entendent au moment où leur processus de validation opère pour les phrases difficiles et vraies, mais plus pour les phrases difficiles et fausses. Les résultats obtenus ne montrent aucun effet d'interférence auprès des FC (Étude 2A), et un effet d'interférence uniquement pour les phrases difficiles et vraies auprès des BC (Étude 2B). Les résultats de l'Étude 2A ne correspondent donc pas à nos prévisions. Cependant, ils ne sont pas en contradiction avec notre interprétation. Nous supposons que le retard dans l'enclenchement du processus de validation pour les phrases difficiles fausses est si important (voir la Figure 25) que le délai supplémentaire de 300 ms n'a pas été suffisant pour laisser le temps au processus de s'enclencher. Concernant l'Étude 2B, les résultats observés sont ceux attendus suggérant, comme représenté par la Figure 25, que la sonnerie de téléphone a été entendue lors du fonctionnement du processus de validation pour les phrases vraies et difficiles uniquement. Pour les phrases fausses et difficiles, le processus de validation n'était pas encore à l'œuvre lors de la survenue de la sonnerie de téléphone.

Les Études 2A et 2B ont été réalisées auprès de FC et BC uniquement. Nous considérons le niveau de compréhension comme un continuum entre les BC, les MC et les FC plutôt que comme des profils strictement spécifiques et indépendants. Pour ces deux études, nous avons ainsi fait le choix de regrouper les participants en deux groupes uniquement afin de mieux comprendre ce qui peut différencier ces profils. L'objectif central de la thèse étant d'apporter de nouvelles perspectives sur le profil des FC. Ce choix nous permet d'identifier plus spécifiquement leurs difficultés. Il serait toutefois pertinent d'étudier ultérieurement le comportement des MC afin (1) de confirmer notre interprétation et (2) d'apporter des éléments supplémentaires quant au développement des capacités inférentielles chez les adolescents.

En plus de révéler une variation dans l'enclenchement du processus de validation selon le niveau de compréhension, cette série d'études permet de soulever deux points importants. Premièrement, cette série reproduit les résultats de Richter et al. (2009), auprès d'adolescents. L'objectif de l'étude originale était de prouver que le processus de validation de phrases est automatique et dépend de la rapidité avec laquelle les connaissances du lecteur nécessaires à la compréhension de la phrase sont disponibles. Nos études répliquent les résultats originaux en montrant que le processus de validation est dépendant de l'émergence des connaissances chez les adolescents. Deuxièmement, à travers les trois études nous avons pu mettre en exergue que

le fonctionnement du processus de validation dépend du déroulement temporel des processus à l'œuvre lors de la production d'inférences, comme proposé dans le modèle RI-Val.

Cet ensemble de travaux suggèrent ainsi que l'une des causes possibles des difficultés de production d'inférences des FC serait un problème de disponibilité des informations en MDT. Ce problème de disponibilité peut être la conséquence d'une émergence des connaissances perturbée chez les FC. Cette hypothèse est en adéquation avec les travaux de Nation et Snowling (1998, 1999) et Weekes et al. (2008). Dans leurs études, les auteurs ont conclu que les FC ont des difficultés sémantiques. Plus précisément, dans l'étude de Nation et Snowling (1999), les auteurs montrent que les FC présentent un effet d'amorçage sémantique uniquement lorsque les paires de mots sont fortement reliés par leur fonction, c'est-à-dire que l'individu a pu les expérimenter ensemble (e.g. *Table-Chaise*). À l'inverse, pour les paires de mots ne co-apparaissant pas dans les expériences des individus (ici des enfants) les FC ne présentent pas l'effet d'amorçage, contrairement aux BC (e.g. *Avion-Train*). Ainsi, les FC sont sensibles aux relations sémantiques entre deux mots, uniquement lorsqu'ils sont expérimentés conjointement dans la vie réelle. Ces résultats ont été interprétés dans une approche classique de la cognition, comme une sensibilité moins importante aux associations abstraites entre deux concepts de la part des FC (Nation & Snowling, 1999).

Nous pouvons proposer une interprétation incarnée alternative à ces résultats. D'après la cognition incarnée, les connaissances sont multimodales, dépendantes des expériences passées et sont réactivées lors d'événements futurs ayant des propriétés en commun (e.g. Barsalou, 2008; Versace et al., 2009, 2014, voir la section 3.1 du Chapitre 3). Plus un individu vit d'expériences où les deux référents des mots co-apparaissent, et plus ces deux référents auront de traces mnésiques en commun. Par conséquent, l'activation de l'un des deux référents activera plus facilement le deuxième. De plus, le langage étant incarné, plus un individu a des expériences sensorimotrices avec les concepts auxquels font référence les mots qui composent la phrase, et plus les mots entraîneront des représentations riches (e.g. Wellsby & Pexman, 2014a, 2014b, voir la section 3.2 du Chapitre 3). De ce fait, la facilité d'émergence ne serait pas la conséquence de la force de connexion entre les concepts en mémoire, mais serait plutôt due à une représentation riche au niveau des expériences sensorimotrices. Selon cette conception, il est possible d'interpréter les performances des FC en termes de difficultés au niveau de l'émergence des connaissances. Pour les phrases difficiles, dont les éléments sont peu expérimentés ensemble, les FC auraient des difficultés pour faire émerger les connaissances

nécessaires. Cependant, pour les phrases faciles, les différents éléments étant coexpérimentés fréquemment, les FC auraient assez de composants des traces mnésiques en commun pour que les connaissances émergent. Ainsi, le processus de validation s'enclencherait avec un retard uniquement lorsque les phrases sont difficiles.

Pour résumé, nous avons montré dans ce premier axe que la vitesse d'enclenchement du processus de validation dépend du niveau de compréhension. En ancrant notre réflexion dans une approche incarnée et en s'appuyant sur le fait que l'efficacité du processus de validation dépend de la facilité de disponibilité des informations en mémoire (Richter et al., 2009), nous supposons que les FC ont des difficultés au niveau de l'émergence des connaissances. Cette difficulté d'émergence peut s'expliquer de deux façons : (1) les FC auraient des difficultés au niveau du mécanisme d'intégration des différents composants des traces mnésiques ; (2) les FC auraient des difficultés au niveau de la réactivation des traces mnésiques, s'appuyant sur la simulation mentale (e.g. Barsalou, 2008). Dans le chapitre 5 nous nous intéresserons particulièrement à ces deux hypothèses et au lien entre l'émergence des connaissances et le niveau de compréhension.

## **Chapitre 5 : L'émergence des connaissances des faibles compreneurs**

Au travers des études présentées dans le Chapitre 4, nous avons pu mettre en évidence le lien entre la rapidité d'émergence des connaissances et le processus impliqué dans l'évaluation des informations lues. Elles permettent d'établir une nouvelle hypothèse pouvant expliquer en partie les difficultés de compréhension des FC en termes d'émergence des connaissances. Dans le présent chapitre, nous présenterons trois études conduites afin de tenter de rendre compte de l'émergence des connaissances chez les FC, en s'intéressant particulièrement à deux mécanismes : l'intégration (Études 3 et 4) et la simulation (Étude 5). En effet, d'après le modèle Act-In (Versace et al., 2009 ; 2014), les connaissances émergent du fonctionnement de trois mécanismes : l'activation intra- et inter-traces et l'intégration intermodale. Lorsqu'un événement est vécu, les traces mnésiques, qui partagent des composants avec la situation actuelle, sont activées. Par la suite, ces différents composants activés, sont intégrés au sein d'une nouvelle trace mnésique. L'intégration a de ce fait un rôle crucial dans le fonctionnement de la mémoire. Nous supposons que ce mécanisme cognitif pourrait être moins efficient chez les FC. Ils présenteraient des difficultés à intégrer différents composants au sein d'une trace mnésique, perturbant de surcroît l'émergence des connaissances. Afin de tester notre hypothèse, nous avons adapté deux études utilisant l'intégration intermodale (Brunel et al., 2010; Rey et al., 2015). Toutes deux s'appuient sur le même principe : lors d'une phase d'apprentissage, deux propriétés d'un stimulus sont présentées simultanément de manière répétée afin que les participants les intègrent ensemble au sein d'une même trace mnésique. Puis lors de la phase de test, seule l'une des deux propriétés du stimulus est présentée. Si l'intégration a bien eu lieu, la présentation du premier stimulus entraînera l'activation de l'ensemble de ses propriétés. En reprenant ces études, nous avons ainsi testé le processus d'intégration des FC (1) à l'aide d'un paradigme d'amorçage dans l'Étude 3 basé sur l'étude de Brunel et al. (2010), et (2) en utilisant une mesure psychophysique dans l'Étude 4 reprenant celle de Rey et al. (2015).

L'Étude 5 quant à elle, teste les capacités de simulation motrice des FC. D'après l'approche incarnée, la simulation, la perception et la cognition sont indissociables et sous-tendues par des mécanismes communs (e.g. Barsalou, 1999, 2003, 2008). Les connaissances émergent de la simulation des expériences passées (Versace et al., 2018). Nous supposons que les FC présentent des difficultés au niveau de l'émergence des connaissances, pouvant provenir d'une moindre simulation de leur part. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur les travaux

de Dutriaux et Gyselinck (2016) et Witt et al. (2010) mettant en évidence l'implication de la simulation motrice dans la reconnaissance d'objets manipulables. Leurs études montrent que lorsque les participants ont les mains occupées (en tenant une balle ou en serrant les mains derrière le dos), ils catégorisent plus lentement les objets comparativement à la situation dans laquelle leurs mains sont libres. Les mains étant occupées, la simulation motrice ne peut plus être réalisée, expliquant le ralentissement au niveau de la reconnaissance des objets. Nous nous sommes appuyés sur ces travaux afin de tester dans l'Étude 5 la simulation motrice d'adolescents en supposant un impact qui sera différent en fonction de leur niveau de compréhension.

### **5.1. Étude 3**

L'objectif de l'Étude 3 était de tester l'efficacité du processus d'intégration en fonction du niveau de compréhension d'adolescents. Nous avons plus précisément émis l'hypothèse que le processus d'intégration des FC sera moins efficace que celui des BC. Afin de tester notre hypothèse, nous avons adapté l'étude de Brunel et al. (2010) à des adolescents. Leur expérience est composée de deux phases. Lors de la phase d'apprentissage deux formes géométriques sont présentées durant 500 ms aux participants, dont l'une systématiquement accompagnée d'un bruit blanc. L'objectif de cette phase était de faire en sorte que les participants intègrent en mémoire les deux composants au sein d'une même trace mnésique ; ils associent ainsi la figure géométrique au son. La phase de test est une tâche d'amorçage, où les formes géométriques de la phase d'apprentissage sont utilisées en amorce. Deux types d'amorce ont donc été utilisés : (1) une amorce sonore, correspondant à la forme géométrique associée précédemment au son, et (2) une amorce silencieuse correspondant à la seconde forme géométrique. Les participants ont catégorisé des images d'objets en fonction de leur taille réelle, (e.g. un escabeau ou un mixeur). La moitié des images représente des objets dont l'utilisation principale implique un son (e.g. un mixeur), correspondant aux cibles sonores ; l'autre moitié, correspondant aux cibles non sonores, est constituée d'images d'objets dont l'utilisation n'implique pas de son. Lorsque le SOA est identique au temps de présentation des stimuli de la phase d'apprentissage, soit 500 ms, les participants présentent un effet d'amorçage facilitateur pour la catégorisation des cibles sonores précédées d'une amorce sonore : ils catégorisent plus rapidement la taille de l'objet lorsque ce dernier est sonore et qu'un son a été associé à l'amorce lors de la phase d'apprentissage. Précisons que les auteurs ont utilisé les grands objets comme distracteurs,

puisque la taille et l'intensité sonore des grands objets sont corrélées, entraînant une hétérogénéité plus importante au niveau de la perception de la sonorité de ces objets.

Les auteurs interprètent leurs résultats comme la mise en évidence d'une pré-activation des composants auditifs lorsque l'amorce sonore est présentée. En voyant l'amorce associée au son lors de la première phase, les participants activent en mémoire le son associé. Par la suite, cette pré-activation facilite l'activation du son associé à l'image de l'objet, aidant la reconnaissance. Cette pré-activation sans perception physique du son, prouve également que les participants ont bien associé le bruit blanc avec la forme géométrique lors de la phase d'apprentissage. Sur la base des résultats obtenus par Brunel et al. (2010), nous nous attendions à observer des patterns de réponses différents entre les FC et les BC. En effet, nous supposons que les FC ont des difficultés au niveau de l'intégration des composants en mémoire. De ce fait, ils ne devraient pas associer la forme géométrique au bruit blanc, et par conséquent ne devraient pas activer les composants auditifs lorsque l'amorce sonore est présentée. Les FC ne devraient pas présenter d'effet facilitateur lié à l'amorce sonore. À l'inverse, les BC devraient présenter un pattern de réponses similaire aux participants de l'étude de Brunel et al. (2010).

Pour l'Étude 3, nous avons fait le choix d'étudier seulement les BC et les FC en excluant les MC. Pour rappel, nous supposons qu'il existe un continuum entre les BC, les MC et les FC. Cela nous permet de mettre en exergue les différences de performances entre les deux extrêmes, en nous focalisant particulièrement sur les performances des FC.

### **5.1.1. Méthodologie**

#### ***5.1.1.1. Participants***

Afin de sélectionner nos participants, nous avons mesuré leur niveau de compréhension à l'aide du subtest *Compréhension* de la batterie EMILIE (Duchêne, 2010). Parmi les 204 élèves de 5<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup>, scolarisés dans deux établissements de la région Ile-de-France, ayant réalisé l'étude, 29 ont été exclus de l'étude du fait de leur langue maternelle étrangère, et six autres car ils n'ont pas réalisé l'étude entièrement. Comme pour les Études 1, 2A et 2B, les participants ont répondu à des questions de compréhension après avoir lu un texte. De nouveau, nous nous sommes appuyés sur les réponses aux 20 questions inférentielles pour sélectionner les participants, et plus précisément sur les quartiles pour chaque niveau scolaire pour constituer les groupes. En effet, les bornes sont différentes entre les collégiens de 5<sup>ème</sup> et de 4<sup>ème</sup> pour le premier quartile. Pour cette étude, les MC ont été exclus. Ainsi, le groupe de FC est constitué

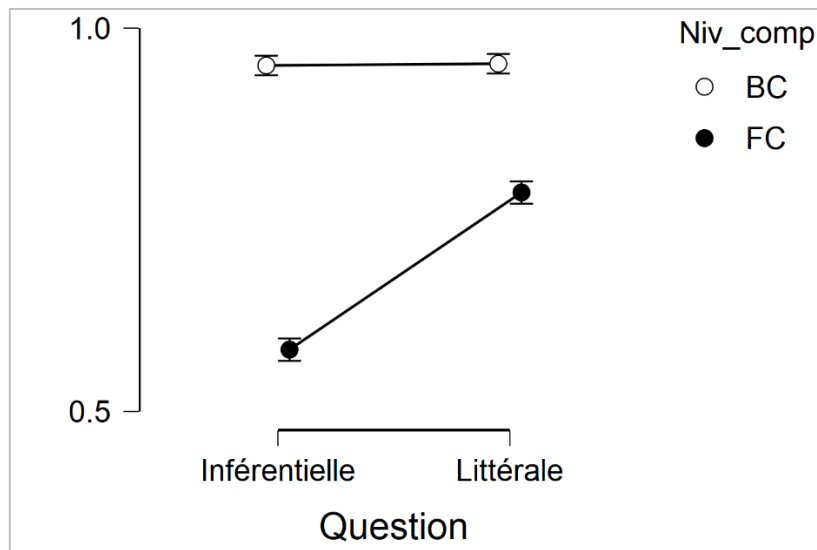
de 34 élèves de 5<sup>ème</sup> (16 filles ;  $M_{\hat{age}}=12.85$ ;  $SD_{\hat{age}}=0.29$ ) ayant obtenu un score entre 6 et 13 sur 20, et de 18 élèves de 4<sup>ème</sup> (14 filles ;  $M_{\hat{age}}=13.90$ ;  $SD_{\hat{age}}=0.36$ ) ayant obtenu un score entre 6 et 15. Pour le 4<sup>ème</sup> quartile, constituant le groupe des BC, les bornes sont identiques à savoir un score entre 18 et 20. Ce groupe est constitué de 25 élèves de 5<sup>ème</sup> (13 filles ;  $M_{\hat{age}}=12.75$ ;  $SD_{\hat{age}}=0.32$ ) et de 12 élèves de 4<sup>ème</sup> (7 filles ;  $M_{\hat{age}}=13.76$ ;  $SD_{\hat{age}}=0.46$ ).

Pour vérifier la pertinence de la constitution des deux groupes de sujets, une ANOVA a été réalisée, avec en facteur inter-sujets le Niveau de compréhension et en facteur intra-sujet le Type de question (voir Annexe I pour le tableau de moyennes). Les analyses réalisées sur le pourcentage de réponses correctes montrent un effet principal du Type de question  $F(1,87)=51.81$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2_p=.373$  : le taux de réponses correctes est plus important pour les questions littérales que pour les questions demandant la production d'une inférence. L'effet principal du Niveau de compréhension est également observé  $F(1, 87)=222,24$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2_p=.719$  : les BC répondent mieux que les FC. Enfin, les analyses mettent également en évidence un effet significatif de l'interaction Type de question\*Niveau de compréhension  $F(1,87)=49.52$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2_p=.363$ . L'analyse post-hoc révèle une différence significative entre les performances des FC et des BC pour les questions inférentielles  $t(165.8)=16.04$ ;  $p_{\text{tukey}}<.001$ ;  $d=1.70$  ; et pour les questions littérales  $t(165.8)=7.27$ ;  $p_{\text{tukey}}<.001$ ;  $d=0.77$ . Comme illustré par la Figure 26 la différence de performances est plus importante pour les questions inférentielles que littérales, nous permettant de valider la constitution de nos groupes de sujets. L'expérience ne demandant pas la lecture de mots ou de phrases, le niveau de vocabulaire n'a pas été contrôlé.



**Figure 26**

*Effet d'interférence Type de question\*Niveau de compréhension de l'Étude 3*



*Note.* Niv\_comp : Niveau de compréhension

### **5.1.1.2. Matériel**

La phase d'apprentissage est composée des mêmes stimuli que l'étude de Brunel et al. (2010). Les stimuli visuels correspondent à deux formes géométriques : des carrés de 7 cm ou des cercles d'un rayon de 3,66 cm. Le stimulus auditif est un bruit blanc présenté durant 500 ms. Les carrés et les cercles ont été déclinés dans quatre niveaux de gris différents pour rendre l'expérience moins monotone.

Lors de la phase de test, nous avons utilisé 64 images colorées pour les cibles : 32 représentant des objets petits, dont la taille réelle est inférieure à 50 cm (e.g. flûte) ; et 32 représentant des objets grands, dont la taille réelle est supérieure à 50 cm (e.g. cage de foot). La moitié des stimuli représente des objets dont l'utilisation habituelle implique un son (e.g. sèche-cheveux) et l'autre moitié des objets silencieux (e.g. stylo). Nous avons adapté les objets de l'étude princeps à la population des adolescents, en sélectionnant des objets fréquemment utilisés dans leur quotidien (liste complète en Annexe J).

Pour sélectionner nos stimuli, une étude préliminaire a été réalisée auprès de 60 étudiants de Licence 3 de Psychologie à l'Université Paris 8. Ils ont jugé la taille et la sonorité de 98 images en couleur d'objets avec l'aide d'une échelle de Lickert en 7 points, et indiqué le nom des objets, afin de s'assurer de la reconnaissance de ces derniers. Nous avons sélectionné les

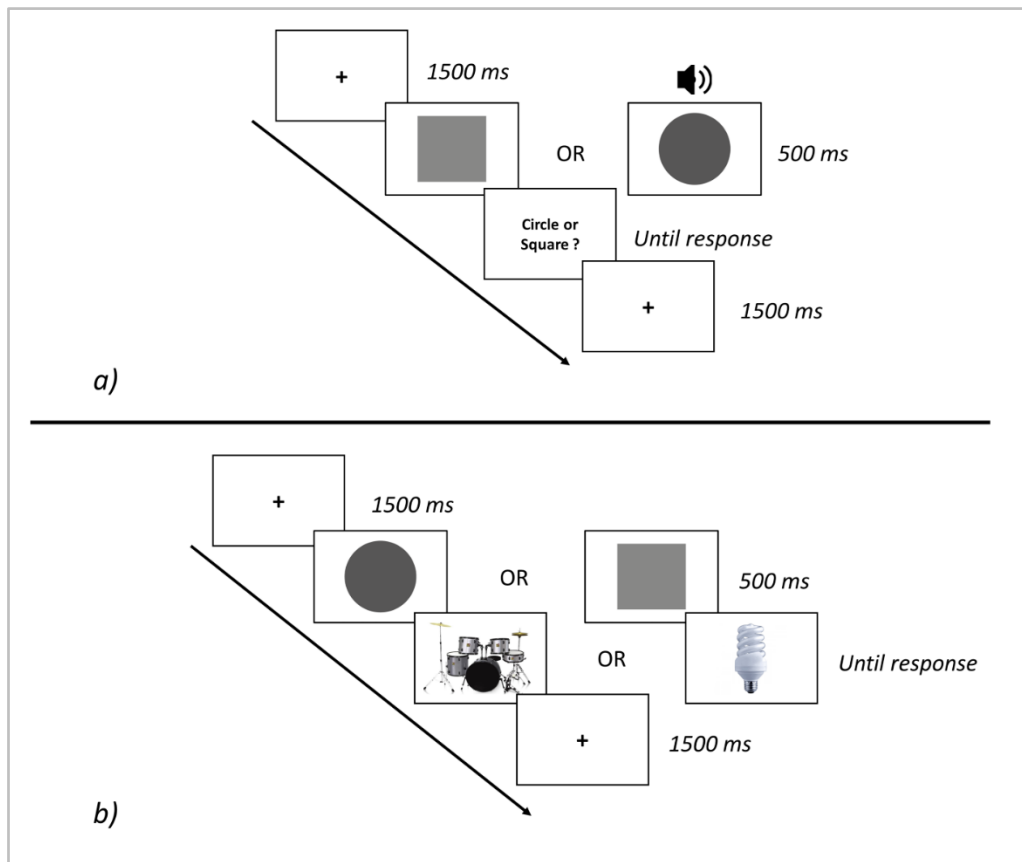
64 images cibles, regroupées en quatre catégories : (1) 16 petits objets sonores ( $M_{taille}=2.63$  ;  $SD_{taille}=0.52$  ;  $M_{son}=5.28$  ;  $SD_{son}=0.76$ ) ; (2) 16 petits objets silencieux ( $M_{taille}=2.03$  ;  $SD_{taille}=0.53$  ;  $M_{son}=1.35$  ;  $SD_{son}=0.25$ ) ; (3) 16 grands objets sonores ( $M_{taille}=5.97$  ;  $SD_{taille}=0.68$  ;  $M_{son}=5.92$  ;  $SD_{son}=0.86$ ) ; et (4) 16 grands objets silencieux ( $M_{taille}=6.01$  ;  $SD_{taille}=0.42$  ;  $M_{son}=1.42$  ;  $SD_{son}=0.25$ ). Comme pour l'expérience de Brunel et al. (2010) nous avons utilisé les grands objets comme distracteurs. Le  $t$  de Student réalisé sur le score moyen pour la sonorité des petits objets confirme que la sonorité est bien différente entre les deux groupes d'objets  $t=19.57$  ;  $p<.001$  ;  $d=6.92$ . Enfin, d'une manière identique à l'étude de Brunel et al., la taille des images a été fixée à 397 pixels en largeur et 295 en hauteur, avec une résolution de 75 pixels par pouce.

### **5.1.1.3. Procédure**

Les participants ont réalisé l'étude par demi-classe dans leur établissement scolaire. L'expérience est composée de deux phases représentées par la Figure 27 (a). Durant la phase d'apprentissage, chaque essai commençait par une croix de fixation présentée durant 1500 ms, suivie de la présentation d'une forme géométrique (un cercle ou un carré) durant 500 ms au centre de l'écran. Un bruit blanc était présenté simultanément avec l'une des formes pour la moitié des participants et l'autre forme pour l'autre moitié. Les participants ont jugé, le plus rapidement et précisément possible, la forme des stimuli. Pour répondre, les participants appuyaient sur la touche appropriée : « a » pour indiquer un cercle et « p » pour indiquer un carré pour la moitié des sujets et la combinaison inverse pour l'autre moitié. Chaque forme était présentée aléatoirement 32 fois, pour un total de 64 essais. Durant cette phase, la répétition de l'association forme-son devait entraîner l'intégration des deux composants en mémoire.

**Figure 27**

*Phase d'apprentissage (a) et phase de test (b) de l'Étude 3*



La phase de test (voir Figure 27 (b)) correspond à un paradigme d'amorçage dans lequel les formes de la phase d'apprentissage sont utilisées comme amorces, mais présentées sans le bruit blanc. Pour la moitié des essais, l'amorce correspond à la forme associée au bruit blanc durant la phase d'apprentissage (amorce sonore), et pour l'autre moitié l'amorce est la forme présentée seule (amorce silencieuse). Après la présentation de l'amorce pendant 500 ms, la cible apparaissait au centre de l'écran. Les participants devaient juger, aussi rapidement et précisément que possible, si la cible était une image représentant un grand objet ou un petit objet en appuyant sur les touches appropriées : « a » pour indiquer un grand objet et « p » pour indiquer un petit pour la moitié des sujets et la combinaison inverse pour l'autre moitié. Chaque participant voyait les 64 images cibles. Après 32 essais, les participants pouvaient prendre une pause s'ils en ressentaient le besoin. Quatre versions de l'étude ont été élaborées afin de contrebalancer l'ordre de présentation des items, et la sonorité de l'amorce associée à chacun. Dans chaque bloc de 32 items, l'ordre de présentation des images est aléatoire.

Le plan expérimental de l'étude était ainsi 2 (Sonorité de l'amorce : Amorce sonore ou Amorce silencieuse) X 2 (Sonorité de la cible : Cible sonore ou Cible silencieuse) X 2 (Niveau de compréhension : FC ou BC). Les variables Sonorité de l'amorce et Sonorité de la cible sont des facteurs intra-sujets et la variable Niveau de compréhension un facteur inter-sujets.

### 5.1.2. Résultats

Comme pour l'expérience de Brunel et al. (2010), nos prédictions portaient seulement sur les petits objets, par conséquent les analyses ont été réalisées seulement sur ces derniers. Dans la globalité, les participants ont catégorisé correctement 96% des petits objets. Seuls les temps de réponse correcte ont été gardés. Les temps de réponse supérieurs à 2500 ms ont été écartés ainsi que les temps de réponse supérieurs à 2,5 écarts-types de la moyenne pour chaque participant et chaque condition expérimentale. L'application de ces critères nous a conduit à écarter les résultats de 16 FC et 9 BC, ayant un nombre trop important de données manquantes suite à des problèmes d'enregistrement, ou à une mauvaise réalisation de la tâche. Au final, moins de 8% des données des 64 participants restant ont été écartées. Le Tableau 5 reprend les temps moyens de réponse selon le niveau de compréhension.

**Tableau 5**

*Temps de réponse moyens pour les objets petits, selon le Niveau de compréhension*

	Sonorité de la cible						Sonorité de l'amorce		
	Sonore			Silencieuse			Sonore	Silencieuse	Total
	Am_Son	Am_Sil	Total	Am_Son	Am_Sil	Total			
BC	978 (146)	1089 (235)	1033 (202)	993 (203)	1019 (192)	1006 (196)	986 (175)	1053 (216)	1020 (199)
FC	1192 (276)	1161 (249)	1177 (261)	1090 (200)	1093 (263)	1091 (232)	1141 (245)	1127 (257)	1134 (250)
Total	1100 (251)	1130 (244)	1115 (247)	1090 (200)	1093 (263)	1054 (221)	1074 (230)	1095 (242)	1085 (236)

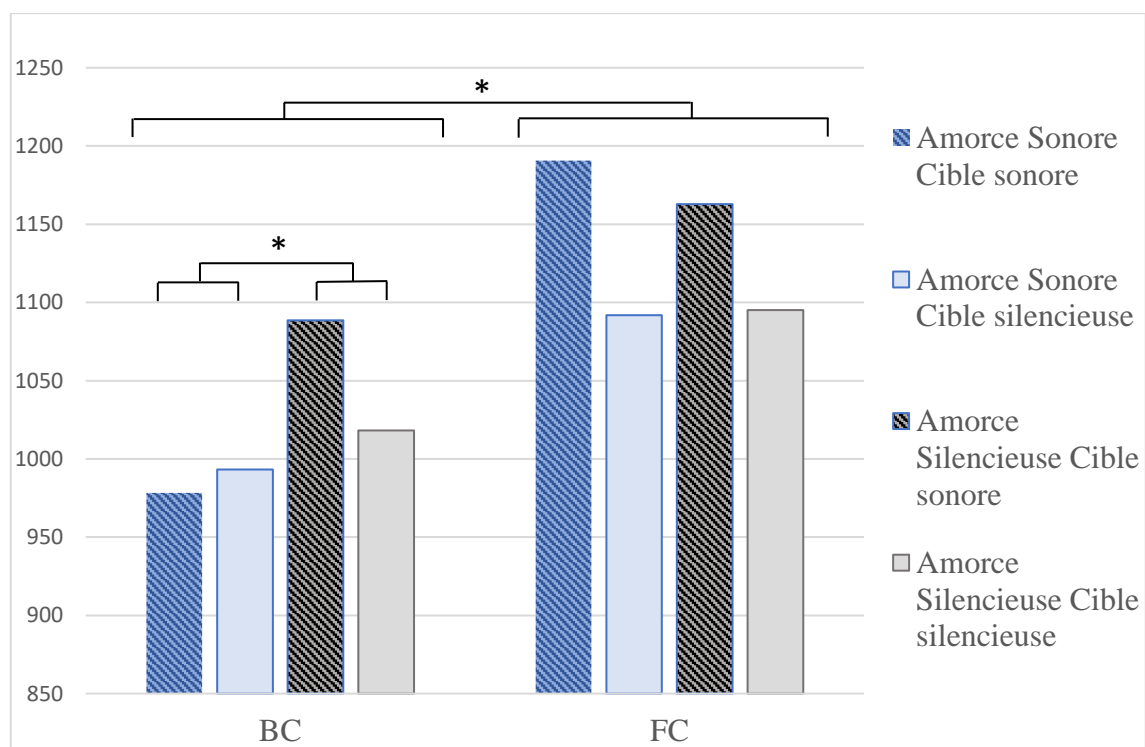
*Notes.* Am Son : Amorce Sonore ; Am Sil : Amorce Silencieuse. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

Une ANOVA a été réalisée avec en facteurs intra-sujets l'Amorce (sonore ou silencieuse), et la Cible (sonore ou silencieuse), et comme facteur inter-sujets le Niveau de compréhension (BC ou FC). Notre hypothèse était que les patterns de réponse seraient différents entre les BC et les FC. Les analyses réalisées sur les temps de réponse pour les petits objets montrent un effet principal de la Cible  $F(1,62)=9.08$  ;  $p=0.004$  ;  $\eta^2_p=0.128$ , les cibles silencieuses sont

catégorisées plus rapidement que les cibles sonores ; et un effet principal du niveau de compréhension  $F(1,62)=6.20$  ;  $p=.015$  ;  $\eta^2_p=.091$ , les BC répondent plus rapidement que les FC, comme illustré par la Figure 28. En revanche, l'effet de l'Amorce n'atteint pas le seuil de signification ( $p>.1$ ). L'effet d'interaction Amorce\*Niveau de compréhension se révèle marginal  $F(1,62)=3.77$  ;  $p=.057$  ;  $\eta^2_p=.057$ . La différence de temps de réponse entre les amorces sonores et silencieuses est significative uniquement pour les BC  $t(62)=2.19$  ;  $p=.032$  ;  $d=0.27$  : les BC catégorisent plus rapidement les cibles quand elles sont précédées d'une amorce sonore plutôt que d'une amorce silencieuse (voir Figure 29). Aucun effet d'interaction Cible\*Niveau de compréhension, Cible\*Amorce, ou Cible\*Amorce\*Niveau de compréhension n'est observé (tous les  $p_s >.1$ ).

**Figure 28**

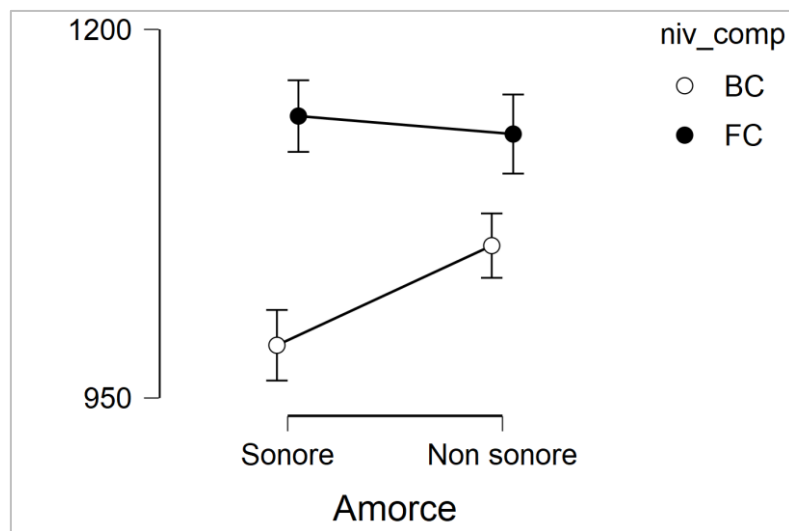
*Résultats de l'Étude 3 pour les petits objets*



Note. \*  $p<.05$

**Figure 29**

*Effet d'interférence Amorce\*Niveau de compréhension*

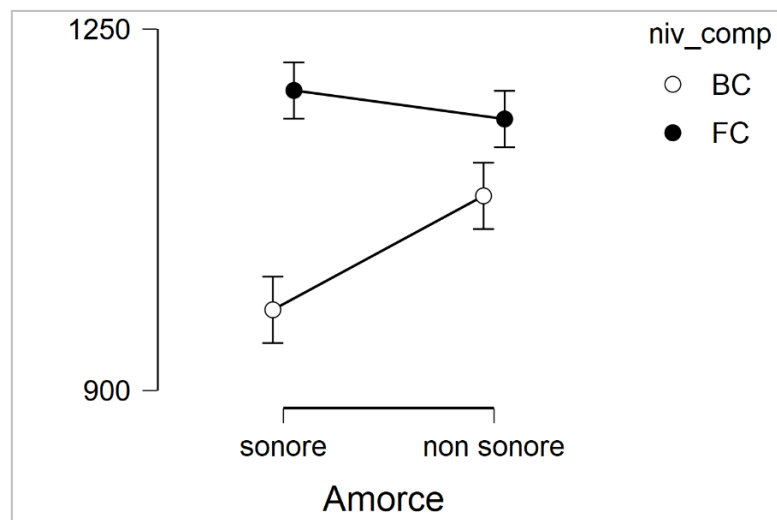


*Note.* niv\_comp : Niveau de compréhension

Nos hypothèses portant sur les cibles sonores, deux analyses complémentaires ont été réalisées selon la sonorité de la cible. Les analyses réalisées sur les temps de réponse pour les petits objets sonores révèlent de nouveau l'effet principal du Niveau de compréhension  $F(1,62)=7.57$  ;  $p=.008$  ;  $\eta^2_p=.109$  mais aucun effet de l'Amorce ( $p>.1$ ). De plus, les analyses montrent un effet significatif de l'interaction Amorce\*Niveau de compréhension  $F(1,62)=5.41$  ;  $p=.023$  ;  $\eta^2_p=.080$ . Les BC catégorisent mieux les cibles sonores précédées d'une amorce sonore que celles précédées d'une amorce silencieuse  $t(62)=2.48$  ;  $p=.016$  ;  $d=0.31$ . En revanche, aucune différence n'est observée auprès des FC ( $t<1$ ). En résumé, et comme l'illustre la Figure 30, seuls les BC présentent l'effet d'amorçage lié à l'amorce sonore pour les cibles sonores.

**Figure 30**

*Effet d'interaction Amorce\*Niveau de compréhension pour les objets petits et sonores*



*Note.* niv\_comp : Niveau de compréhension

Pour finir, les analyses réalisées sur les temps de réponse pour les objets petits silencieux révèlent uniquement un effet marginal du Niveau de compréhension  $F(1,62)=3.40$  ;  $p=.070$  ;  $\eta^2_p=.052$  : les BC répondent plus rapidement que les FC. Aucun effet d'Amorce ni Amorce\*Niveau de compréhension n'a été observé ( $F_s < 1$ ).

### 5.1.3. Discussion

L'objectif de l'Étude 3 était de tester le mécanisme d'intégration auprès d'adolescents BC et FC. Les résultats observés sont en adéquation avec ceux attendus : seuls les BC présentent l'effet facilitateur de l'amorce sonore sur la catégorisation des petits objets sonores. Ainsi, les cibles sonores sont catégorisées plus rapidement lorsqu'elles sont présentées à la suite des amorces sonores plutôt qu'à la suite des amorces silencieuses. De plus, les FC ne présentent pas l'effet facilitateur de l'amorce sonore : aucune différence significative n'est observée entre les temps de réponse pour les cibles sonores et silencieuses, et ce, quelle que soit la sonorité de l'amorce.

D'après l'étude de Brunel et al. (2010), nous pouvons interpréter ces résultats comme la mise en évidence que les BC ont bien intégré la forme géométrique avec le bruit blanc présentés lors de la phase d'apprentissage. À l'inverse, les FC ne semblent pas intégrer ces deux composants entre eux, validant ainsi notre hypothèse d'une difficulté au niveau du mécanisme

d'intégration. Cette absence d'intégration pourrait, en partie, expliquer les difficultés de compréhension des FC. En effet, l'efficacité du processus de validation dépend de la disponibilité des informations en MDT. Or, nous avons démontré dans le Chapitre 4 que le processus de validation s'enclenche plus tardivement chez les FC que chez les BC lorsque les phrases sont difficiles. De ce fait, nous supposons que ce retard est la conséquence d'une difficulté d'émergence des connaissances. Les résultats observés dans la présente étude corroborent cette hypothèse : les FC n'intègrent pas les différents composants de la phase d'apprentissage, alors que ce mécanisme est central dans l'émergence des connaissances (Versace et al., 2009, 2014).

Cette interprétation est en accord avec les études présentées dans le Chapitre 1 montrant l'existence de difficultés sémantiques chez les FC (Nation & Snowling, 1998, 1999; Weekes et al., 2008). Par exemple, dans l'étude de Weekes et al. (2008) les auteurs interprètent leurs résultats comme la mise en évidence que les FC sont sensibles aux relations sémantiques uniquement lorsque les deux concepts co-apparaissent dans la vie réelle. Nous pouvons proposer une nouvelle interprétation selon une approche incarnée : les FC auraient des difficultés à intégrer différents composants au sein d'une trace mnésique. Ainsi, ils auraient besoin d'un plus grand nombre d'expériences avec les différents composants pour qu'ils soient intégrés. De ce fait, les relations sémantiques entre des composants ne co-apparaissant pas dans la vie réelle seraient d'autant plus difficiles à intégrer pour les FC. En augmentant le nombre de présentation forme-son lors de la phase d'apprentissage, les FC pourraient intégrer les deux composants et ainsi présenter l'effet d'amorçage. Précisons que cette interprétation ne rentre pas en contradiction avec celle de Weekes et al. (2008).

Nous avons fait le choix d'étudier seulement les BC et FC dans la présente étude. Il serait pertinent de reproduire cette étude auprès d'adolescents MC. Dans le Chapitre 4 nous avons mis en évidence que les MC valident, sous certaines conditions, plus lentement la pertinence des phrases que les BC. En se basant sur ces différents résultats, nous pouvons émettre deux hypothèses différentes : (1) les MC pourraient présenter un effet facilitateur de l'amorce sonore moins important que les BC, suggérant des capacités d'intégration moindres. Le niveau de compréhension pourrait ainsi s'expliquer par les performances du processus d'intégration : plus le niveau de compréhension serait élevé et plus le processus d'intégration serait efficace, expliquant le continuum observé entre les différents profils de compreneurs. (2) les MC



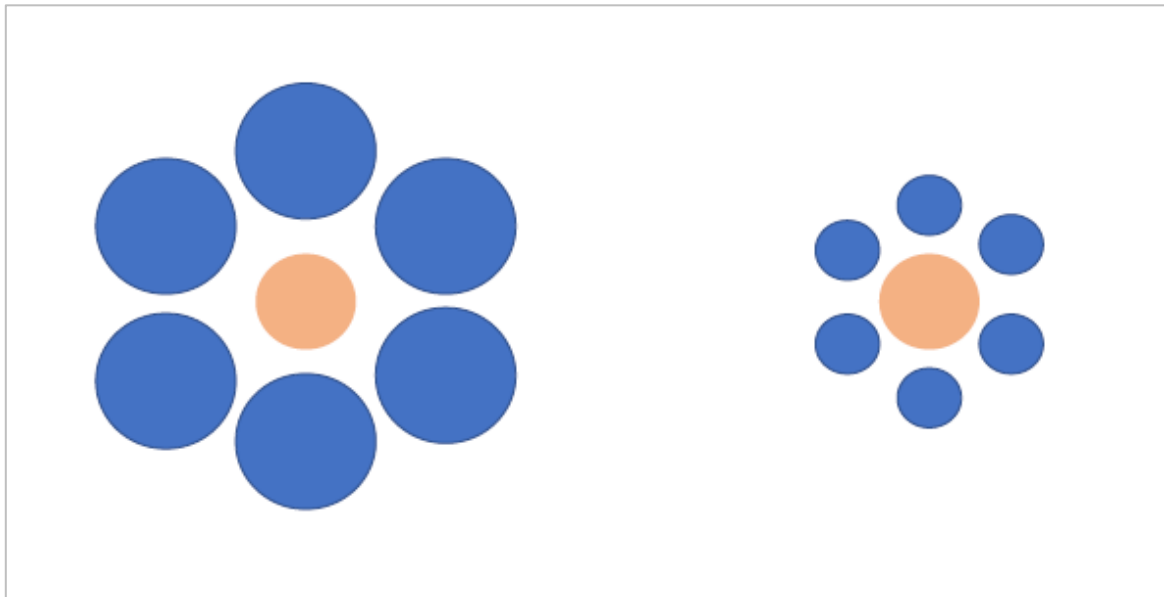
pourraient présenter un pattern de réponses similaire aux BC. De ce fait, les FC se différencieraient, en partie, des autres profils de compreneurs au niveau de l'intégration.

## 5.2. Étude 4

L'Étude 4 visait également à tester le processus d'intégration auprès d'adolescents en fonction de leur niveau de compréhension à l'aide d'une mesure psychophysique. Nous avons repris l'étude de Rey et al. (2015) dont l'objectif était de montrer que les représentations perceptives et mnésiques sont sous-tendues par des mécanismes communs, en utilisant l'illusion d'Ebbinghaus. Dans cette illusion deux cercles de même taille sont présentés, l'un entouré de larges cercles et le deuxième de petits cercles. Comme illustré par la Figure 31, le cercle orange entouré de larges cercles est perçu comme plus petit que le cercle orange entouré de petits cercles, or les deux cercles orange sont de taille identique.

**Figure 31**

*Illusion d'Ebbinghaus*



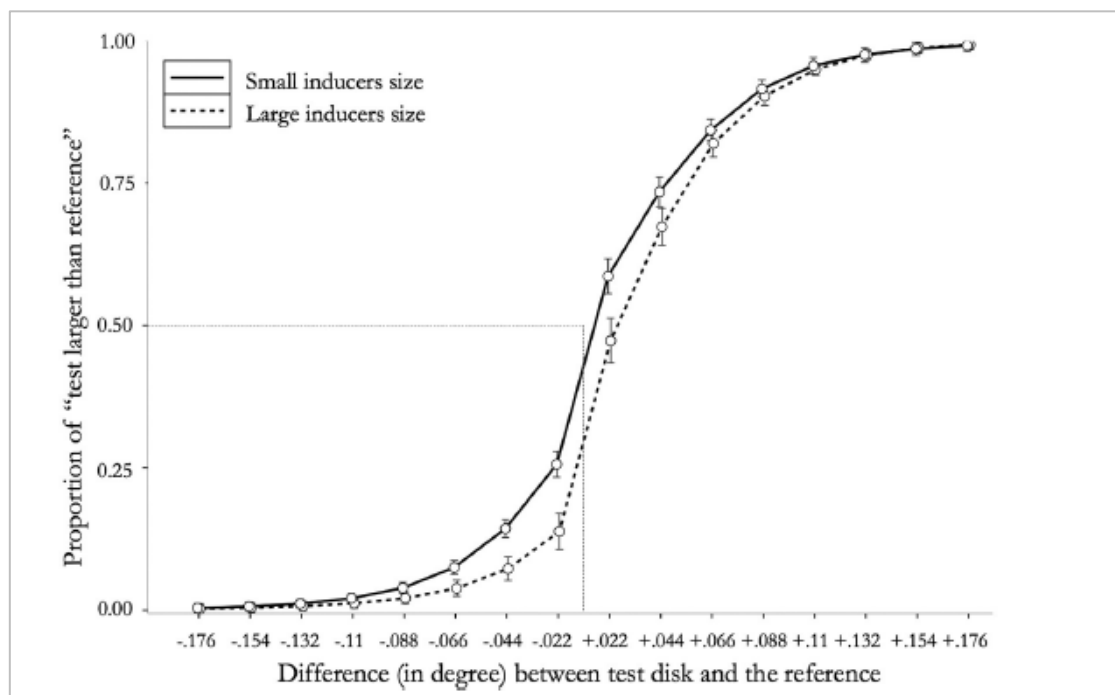
Afin de tester l'hypothèse d'une influence de la mémoire sur la perception, les auteurs ont induit un biais perceptif par la taille physique des inducteurs (i.e. les cercles entourant le cercle du milieu) dans l'Expérience 1, et par la taille réactivée en mémoire des inducteurs dans l'Expérience 2. Aussi, dans cette deuxième expérience, les participants réalisent dans un

premier temps une phase d'apprentissage où deux cercles de couleur et de taille différentes sont présentés (e.g. un cercle rouge petit et un cercle bleu grand). L'objectif de cette phase était que les participants associent en mémoire une couleur avec une taille. Lors de la phase de test, les inducteurs étaient tous de taille identique, mais présentés dans l'une des deux couleurs de la phase d'apprentissage (rouge ou bleu). Les participants ayant associé en mémoire la taille et la couleur du cercle (ici rouge-grand et bleu-petit), la présentation de la couleur a entraîné la réactivation de la taille et ainsi entraîné le biais perceptif.

Dans les deux expériences les participants indiquaient si la taille d'un cercle test entouré d'inducteurs était plus grand ou plus petit qu'un cercle de référence. Les patterns de réponses sont similaires dans les deux expériences. Comme illustré par la Figure 32, les participants jugent les cercles entourés des inducteurs petits comme plus grands que les cercles entourés des inducteurs grands, et ce, que la taille soit réelle (Expérience 1) ou réactivée (Expérience 2). Ces résultats montrent que le biais perceptif est présent pour les deux expériences, traduisant l'intégration des deux composants en mémoire de la part des participants.

**Figure 32**

*Résultat de l'Expérience 2 de Rey et al. (2015)*



*Note.* Reproduit à partir de « Memory plays tricks on me: Perceptual bias induced by memory reactivated size in Ebbinghaus illusion », par Rey, A. E., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd M., & Versace, R., 2015, *Acta Psychologica*, 161, 108.

Afin d'étudier le processus d'intégration selon le niveau de compréhension d'adolescents, nous avons adapté l'Expérience 2 de Rey et al. (2015). En fonction du niveau de compréhension des participants, des patterns de réponses différents sont attendus. Si comme nous l'avons observé dans l'étude précédente, les FC ont des difficultés pour intégrer deux composants au sein d'une même trace mnésique, ils ne devraient pas associer la taille des cercles avec leur couleur lors de la première phase. Par conséquent, ils ne devraient pas réactiver la taille des cercles inducteurs, et ne pas percevoir le biais. À l'inverse, nous supposons que les BC devraient associer la taille et la couleur des cercles lors de la phase d'apprentissage. La taille des cercles inducteurs devrait ainsi être réactivée, entraînant l'illusion perceptive et ainsi un pattern de réponses similaire aux adultes de l'Expérience 2 de Rey et al. (2015).

## 5.2.1. Méthodologie

### 5.2.1.1. Participants

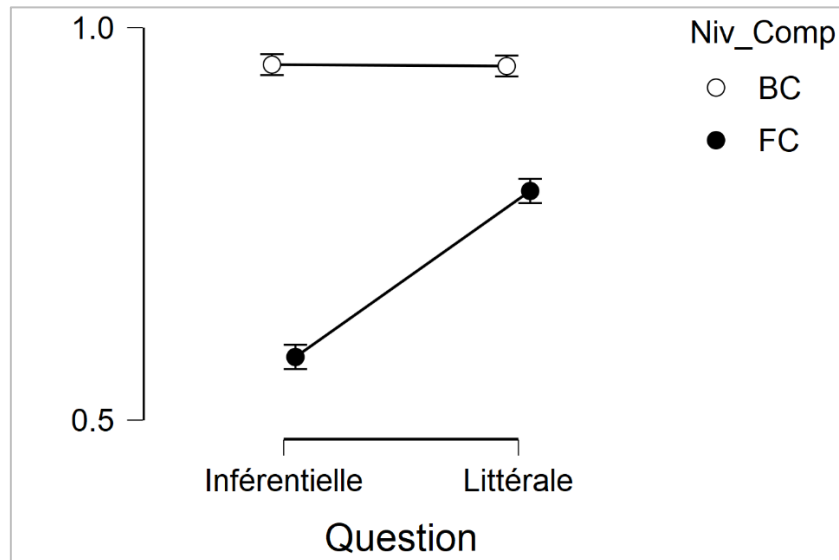
Les participants de l'Étude 4 étaient les collégiens BC et FC ayant réalisé l'Étude 3. Seuls 81 des 89 participants ont réalisé en entier l'Étude 4. Les mêmes critères ont été utilisés afin de constituer les deux groupes de participants : (1) le groupe des FC comprend 31 élèves de 5<sup>ème</sup> ayant obtenu un score entre 6 et 13 (15 filles ;  $M_{\text{âge}}=12.85$ ;  $SD_{\text{âge}}=0.30$ ) et 15 élèves de 4<sup>ème</sup> ayant obtenu un score entre 6 et 15 (13 filles ;  $M_{\text{âge}}=13.91$ ;  $SD_{\text{âge}}=0.38$ ) ; et (2) le groupe des BC comprend les élèves ayant obtenu un score entre 18 et 20, à savoir 24 5<sup>ème</sup> (13 filles ;  $M_{\text{âge}}=12.77$ ;  $SD_{\text{âge}}=0.32$ ), et 11 élèves de 4<sup>ème</sup> (7 filles ;  $M_{\text{âge}}=13.76$ ;  $SD_{\text{âge}}=0.48$ ).

D'une manière identique à l'Étude 3, nous avons réalisé une ANOVA afin de vérifier la pertinence de la constitution de nos groupes, avec en facteur inter-sujets le Niveau de compréhension (FC ou BC) et en facteur intra-sujet le Type de question (Inférentielle ou Littérale). Les analyses réalisées sur le pourcentage de réponses correctes montrent un effet du Type de question  $F(1,79)=48.89$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2_p=.382$ , les participants répondent mieux aux questions littérales qu'aux questions inférentielles (voir Annexe K pour le tableau des moyennes). De plus, l'effet principal du Niveau de compréhension est observé  $F(1,79)=207.35$ ;  $p<.001$ ;  $\eta^2_p=.724$  : les BC répondent mieux aux questions de compréhension que les FC. Enfin, l'effet d'interaction Type de question\*Niveau de compréhension atteint le seuil de signification  $F(1,79)=50.62$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.391$ . Les analyses post-hocs montrent que les FC répondent moins bien que les BC pour les questions inférentielles  $t(151.6)=15.66$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=1.74$ , et les questions littérales  $t(151.6)=6.69$  ;  $p_{\text{tukey}}<.001$  ;  $d=0.74$ . Cependant, comme illustré par la

Figure 33 la différence pour les questions inférentielles est plus importante, validant la constitution de nos groupes.

**Figure 33**

*Effet d'interaction Type de question\*Niveau de compréhension de l'Étude 4*



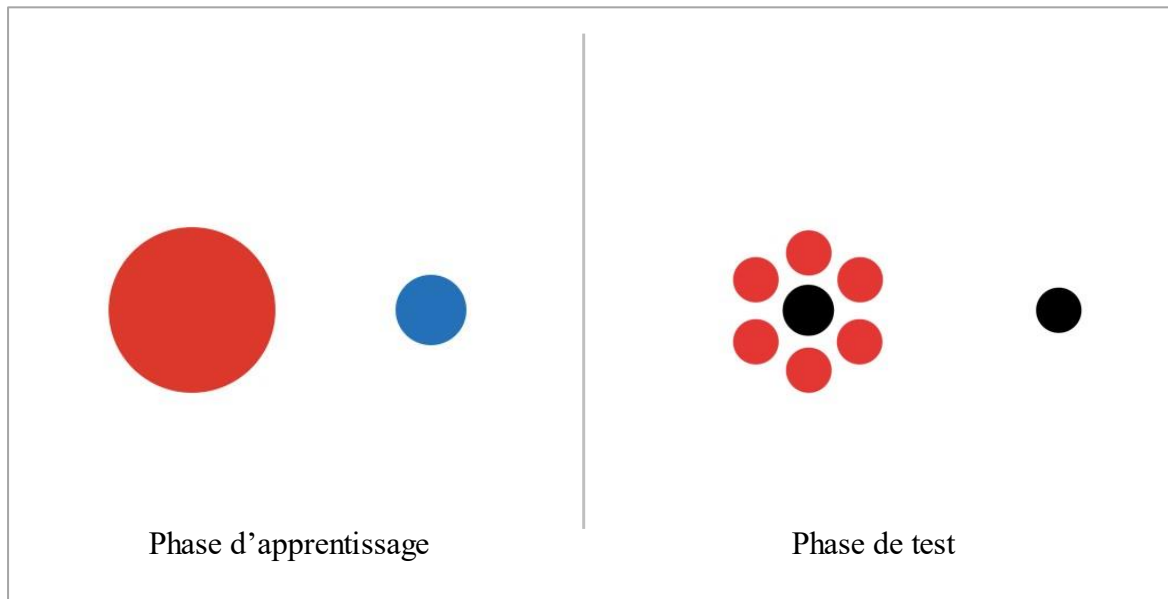
*Note.* Niv\_comp : Niveau de compréhension.

### 5.2.1.2. Matériel

Une partie des stimuli de l'Expérience 2 de Rey et al. (2015) a été utilisée. Pour la phase d'apprentissage, des cercles bleus et rouges sont présentés au centre de l'écran. Deux tailles de cercle sont utilisées, d'un diamètre de  $5.274^\circ$  pour les grands cercles et de  $2.818^\circ$  pour les petits (voir Figure 34). Pour la phase de test, la configuration des stimuli est basée sur l'illusion d'Ebbinghaus. Comme illustré dans la Figure 34, un cercle noir de référence est présenté à droite de l'écran d'un diamètre de  $1.322^\circ$ . À gauche de l'écran est présenté le cercle test noir, entouré de cercles inducteurs rouges ou bleus d'un diamètre de  $1.322^\circ$ . La taille du cercle test varie par rapport au cercle de référence. Dans l'étude originale 16 tailles de cercles ont été utilisées. Nos participants étant des adolescents, nous avons utilisé seulement 10 tailles de cercles afin de diminuer la charge attentionnelle de la tâche, en écartant les tailles les plus extrêmes. En conséquence, 10 tailles ont été présentées avec une augmentation de  $0.022^\circ$  entre chaque, allant de  $1.212^\circ$  à  $1.432^\circ$ . Aucun cercle n'a une taille identique à celle du cercle de référence de  $1.322^\circ$ . Ainsi, cinq cercles tests sont plus petits que le cercle de référence, et cinq cercles tests sont plus grands.

**Figure 34**

*Stimuli utilisés pour l'Étude 4 pour la phase d'apprentissage et la phase de test.*



### **5.2.1.3. Procédure**

L'expérience est composée de deux phases. Lors de la phase d'apprentissage, une croix de fixation est présentée durant 500 ms suivie d'un cercle, rouge ou bleu, durant 500 ms également. À la suite, les participants indiquaient à l'aide des touches « a » et « p » la couleur du cercle. Chaque cercle a été présenté 30 fois, pour un total de 60 présentations. Pour la moitié des participants, les cercles rouges sont grands et les bleus petits, et inversement pour l'autre moitié. À la fin des 60 présentations, les participants pouvaient prendre une pause s'ils en ressentaient le besoin. L'objectif de cette phase d'apprentissage était que les participants associent une taille à une couleur. Pour la moitié des participants, la couleur rouge a été associée en mémoire à une taille grande, alors que la couleur bleue a été associée à une taille petite. De plus, nous avons contrebalancé les touches de réponses, pour la moitié des participants la lettre « a » correspondait à la réponse bleue, et à la réponse rouge pour l'autre moitié. Ainsi quatre versions de l'expérience ont été construites, deux pour lesquelles la couleur rouge était associée au grand cercle lors de la phase d'apprentissage, et deux pour lesquelles la couleur bleue était associée au grand cercle.

La phase de test débute par la présentation d'une croix de fixation durant 500 ms, suivie de la présentation du cercle de référence ainsi que du cercle test entouré des cercles rouges ou

bleus durant 500 ms. À la suite, les participants ont jugé si le cercle test est plus grand ou plus petit que le cercle de référence présenté à droite, en appuyant sur les touches « a » ou « p » du clavier. Une phase d'entraînement composée de quatre exemples a été réalisée afin de s'assurer que les participants comprennent bien la tâche. Chacun des 10 cercles tests était présenté 11 fois avec la couleur bleue et 11 fois avec la couleur rouge. Ainsi chaque participant voyait au total 220 items. Afin d'alléger la charge cognitive, nous avons séparé les 220 items en quatre blocs de 55, contenant chacun les 22 configurations possibles. Les quatre blocs ont été présentés dans un ordre différent en fonction des versions, et à l'intérieur des blocs, les items ont été présentés aléatoirement. De même, les touches de réponses ont été contrebalancées entre les versions.

Le plan expérimental de l'étude était 2 (Type d'inducteur : Grand ou Petit) X 2 (Niveau de compréhension : FC ou BC). La variable Type d'inducteur est un facteur intra-sujet et la variable Niveau de compréhension un facteur inter-sujets.

### 5.2.2. Résultats

Un nombre important de sujets a présenté des données aberrantes. En effet, 36 participants semblent ne pas avoir réalisé correctement la tâche (e.g. en utilisant toujours la même touche de réponse, ou en présentant toujours le même pattern de réponses : a p a p a ...). Les données de seulement 45 participants ont pu être analysées. Comme pour l'étude originale (Rey et al., 2015), nous avons converti les réponses brutes en proportion de réponses « le cercle test est plus grand que le cercle de référence » pour chaque participant et chaque condition. Afin d'analyser les réponses, le point d'égalisation subjective<sup>3</sup> (PES) de chaque participant a été mesuré à partir des valeurs ajustées localement à l'aide du *Model free package* (Zychaluk & Foster, 2009). Une analyse ANOVA a été conduite avec le Type d'inducteur en facteur intra-sujet et en facteur inter-sujets le Niveau de compréhension.

Pour rappel, nous nous attendions à voir un effet lié à la taille des cercles inducteurs, présent chez les adultes de l'Expérience 2 de Rey et al. (2015, voir Figure 32), auprès des BC mais pas auprès des FC. En effet, si ces derniers présentent des difficultés à associer deux

---

<sup>3</sup> Le point d'égalisation subjective est la valeur du stimulus de comparaison aussi souvent jugée par un observateur comme plus grande ou plus petite que le stimulus étalon (Bock & Jones, 1968; Guilford, 1954).

composants, les FC ne devraient pas percevoir le biais. Cependant les analyses ne montrent aucun effet du Type d'inducteur, du Niveau de compréhension ni de l'effet d'interaction Type d'inducteur\*Niveau de compréhension (tous  $F_s < 1$ ). Aucun effet des inducteurs n'est observé, et ce quel que soit le niveau de compréhension des participants.

### 5.2.3. Discussion

L'objectif de notre étude était de tester le mécanisme d'intégration auprès d'adolescents selon leur niveau de compréhension, à l'aide d'une mesure psychophysique. Nous avons adapté l'étude de Rey et al. (2015) à des adolescents BC et FC. Notre hypothèse étant que les FC présenteraient des difficultés à intégrer des composants au sein d'une même trace mnésique, nous nous attendions à ce qu'ils ne présentent aucun effet de la taille des inducteurs. Inversement, pour les BC nous nous attendions à voir l'effet observé dans l'étude originale : les cercles entourés des inducteurs petits devraient être perçus et donc catégorisés comme plus grands que les cercles entourés des inducteurs grands. Cependant, les résultats obtenus ne montrent aucun effet des inducteurs. Cette absence d'effet, couplée au fait que beaucoup de participants n'ont pas réalisé correctement la tâche, nous amènent à conclure que la procédure n'était pas adaptée à des adolescents. Nous interprétons l'absence d'effet par une difficulté de la tâche trop importante d'un point de vue attentionnel pour des adolescents âgés de 12 à 14 ans. Pour y remédier, deux possibilités sont envisageables : (1) modifier la procédure afin de diminuer la charge attentionnelle, ou (2) reproduire l'Expérience 2 de Rey et al. (2015) auprès d'adultes selon leur niveau de compréhension. Cette étude ne nous permet ainsi ni de valider ni de réfuter notre hypothèse.

## 5.3. Étude 5

L'Étude 5 devait se dérouler auprès d'adolescents de 5<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> scolarisés dans deux collèges du Val de Marne (94) durant les mois de novembre et décembre 2019. Du fait de la grève liée à la réforme des retraites – suivie par beaucoup d'enseignants – les passations ont dûes être repoussées. La crise sanitaire de la SARS-CoV-2 (COVID-19) n'a ensuite permis de ne recueillir que les données dans un seul des deux établissements scolaires sélectionnés, durant les mois de février et mars 2020. La crise sanitaire étant toujours en cours, nous sommes dans l'impossibilité de mener à terme cette étude. Aussi, les résultats que nous présentons sont ceux récoltés uniquement sur une partie de l'échantillon de départ. Le nombre de participants étant

faible ( $N_{FC}=18$ ,  $N_{MC}=27$  et  $N_{BC}=15$ ), nous ne présenterons que les analyses descriptives. Dès que la situation sanitaire le permettra, nous continuerons à récolter des données afin de réaliser des statistiques inférentielles.

L'objectif de l'Étude 5 était d'étudier la simulation mentale d'adolescents en fonction de leur niveau de compréhension. D'après l'approche incarnée de la cognition, la simulation permet l'émergence des connaissances (e.g. Barsalou, 2008). Nous supposons que les FC ont des difficultés au niveau de l'émergence des connaissances et de surcroît au niveau de la simulation. Pour tester notre hypothèse, nous nous sommes appuyés sur les travaux, présentés dans le Chapitre 3, mettant en exergue le lien entre la simulation motrice et la reconnaissance d'images d'objets (Dutriaux & Gyselinck, 2016; Witt et al., 2010). Dans ces études, les participants reconnaissent plus rapidement les objets lorsque leur main est libre d'interagir avec l'objet que lorsque leur main est occupée (en tenant une balle ou en serrant les mains derrière le dos). La simulation est perturbée dans les conditions où la main est occupée. Dans notre étude, nous reprenons ce principe, en supposant que si les FC présentent des difficultés au niveau de la simulation, aucune différence de temps de réponse ne devrait être observée entre la condition main libre et main occupée.

Afin de renforcer l'effet d'interférence attendu, nous nous sommes appuyés sur les travaux portant sur l'induction de spécificité épisodique (Jing et al., 2017; Madore et al., 2014, 2015, 2016; Purkart et al., 2019; Schacter & Madore, 2016). Le principe est de renforcer la simulation mentale des participants en les invitant à simuler l'ensemble des sensations sensorimotrices d'une scène du quotidien. Par exemple, dans l'étude de Purkart et al. (2019) des vidéos montrant des activités du quotidien sont présentées aux participants dans la condition induction de spécificité épisodique (ISE). Par la suite, les participants devaient rappeler et décrire le plus de détails possibles de la situation en fermant les yeux. Les résultats montrent une facilitation de la simulation sensorimotrice suite à l'ISE. Nous avons repris le principe de l'ISE en adaptant la procédure à des adolescents afin de renforcer l'effet attendu : nos participants ont dû mimer toutes les utilisations possibles d'un objet présenté à l'écran. Ainsi, avant de réaliser la tâche de catégorisation les participants ont réalisé cette tâche d'induction (nommée induction motrice par la suite) ou une tâche d'induction contrôle, qui consistait à classer dans l'ordre croissant des séries de six nombres.

Pour cette étude, le groupe des MC a été inclus. Comme pour l'ensemble de nos études, nous nous attendions à observer des patterns de réponses différents selon le niveau de



compréhension des participants, mais également selon l'induction réalisée. Concernant les niveaux de compréhension, nous supposons que les FC auront des difficultés au niveau de la simulation motrice, ainsi ils ne devraient pas présenter l'effet d'interférence lié au maintien de la balle de jonglage dans la main. De ce fait, aucune différence de temps de réponse n'est attendue au niveau de la catégorisation des objets manipulables entre les essais où la main dominante est posée sur la table et les essais où la balle est tenue dans la main. Cependant, pour les BC et les MC, nous supposons qu'ils présenteront l'effet d'interférence dû à la balle dans la main. Dans cette condition, la simulation motrice devrait être perturbée entraînant une catégorisation plus lente des objets manipulables. Enfin, concernant le type d'induction réalisé, nous supposons que l'effet d'interférence sera plus important après avoir réalisé l'induction motrice qu'après avoir réalisé l'induction contrôle pour les BC et les MC. Enfin, pour les FC deux patterns de réponses possibles pourraient être observés. Premièrement, les FC pourraient ne présenter aucune différence au niveau des résultats entre l'induction motrice et l'induction contrôle, suggérant une difficulté importante de la simulation motrice. Deuxièmement, les FC pourraient présenter un effet d'interférence suite à la réalisation de l'induction motrice, suggérant qu'ils ne réalisent pas naturellement de simulation motrice pour reconnaître les objets. Dans ce cas, l'induction motrice les auraient incités par la suite à simuler l'utilisation des objets.

### **5.3.1. Pré-test : sélection des participants**

Afin de mesurer le niveau de compréhension des participants ainsi que leur préférence manuelle latérale, un pré-test a été réalisé.

#### **5.3.1.1. Participants**

L'étude a été réalisée auprès de 83 collégiens scolarisés en 5<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup>. Douze participants ont été exclus de l'étude n'étant pas de langue maternelle française, neuf n'ont pas réalisé correctement le pré-test et un n'a pas réalisé l'étude en entier. L'échantillon final est ainsi constitué de 61 élèves de 5<sup>ème</sup> et de 4<sup>ème</sup> (33 filles ;  $M_{\text{âge}}=13.17$  ;  $SD_{\text{âge}}=0.65$ ).

#### **5.3.1.1. Matériel**

D'une manière identique à l'ensemble de nos études, nous avons utilisé le subtest *Compréhension* (batterie EMILIE, Duchêne, 2010) afin de mesurer le niveau de compréhension des participants. Concernant la préférence manuelle latérale des participants, celle-ci a été

mesurée à l'aide d'une traduction du questionnaire d'Edimbourg (Oldfield, 1971). Les participants indiquaient leur préférence manuelle pour réaliser 10 activités en écrivant « + » dans la colonne « Gauche » ou « Droite » pour une préférence manuelle, « ++ » dans la colonne correspondante pour une préférence stricte, et « + » dans les deux colonnes pour indiquer l'absence d'une préférence (voir Annexe L). Ce test présente l'avantage de donner un score de latéralité allant de 100 pour une personne droitnière et -100 pour une personne gauchère. La mesure obtenue est ainsi plus objective que de simplement demander si les participants sont droitiers ou gauchers.

### **5.3.1.2. Procédure**

En classe entière, les participants ont répondu aux questions sous forme de papier crayon. Les participants avaient l'heure de cours entière pour répondre au subtest *Compréhension* et la version traduite du questionnaire d'Edimbourg, soit 55 minutes environ.

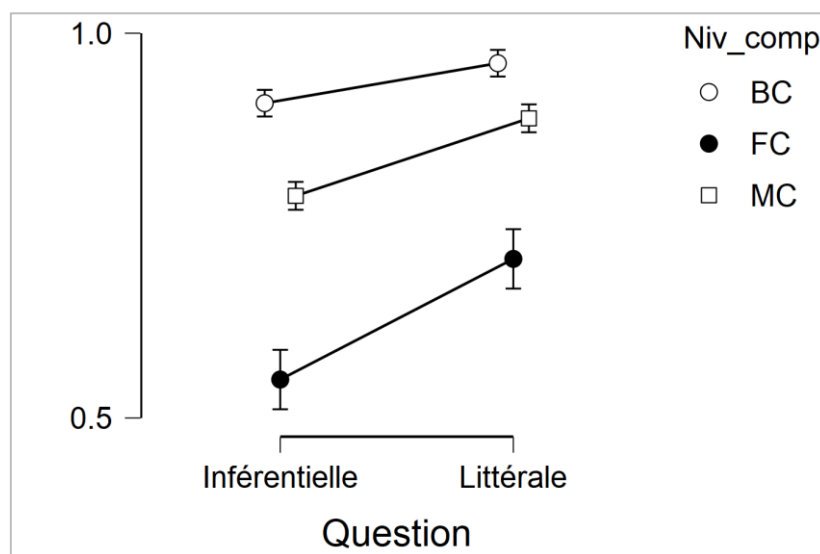
### **5.3.1.3. Résultats**

Afin de constituer les groupes de niveau des participants, nous nous sommes appuyés sur les réponses aux 20 questions inférentielles. Les quartiles étaient différents selon le niveau scolaire. Ainsi, nous avons constitué trois groupes de niveaux en fonction des quartiles et du niveau scolaire des participants : pour les 5<sup>ème</sup>, les FC obtiennent un score entre 7 et 12, les MC entre 13 et 16 et les BC entre 17 et 18 ; pour les 4<sup>ème</sup>, les FC obtiennent un score entre 7 et 13, les MC entre 14 et 18 et les BC entre 19 et 20. Au final, le groupe des FC est composé de 19 participants (9 élèves de 5<sup>ème</sup> et 10 de 4<sup>ème</sup>), celui des MC de 31 participants (14 élèves de 5<sup>ème</sup> et 17 de 4<sup>ème</sup>), et celui des BC de 11 participants (6 élèves de 5<sup>ème</sup> et 5 de 4<sup>ème</sup>). Une analyse ANOVA a été réalisée afin de vérifier la pertinence de la constitution de nos groupes, avec en facteur inter-sujets le Niveau de compréhension (FC ou MC ou BC) et en facteur intra-sujet le Type de question (Inférentielle ou Littérale). Les analyses réalisées sur le pourcentage de réponses correctes montrent un effet du Type de question  $F(1, 58)=18.62 ; p<.001 ; \eta^2_p=.243$  et du Niveau de compréhension  $F(2, 58)=36.8 ; p<.001 ; \eta^2_p=.559$  (voir Annexe M pour le tableau des moyennes). Comme pour nos précédentes études, les participants répondent mieux aux questions littérales ( $M=0.85 ; SD=0.19$ ) qu'aux questions inférentielles ( $M=0.74 ; SD=0.16$ ). Les analyses post-hoc montrent que les BC répondent mieux que les MC  $t(58)=2.63 ; p_{tukey}=.030 ; d=0.34$ , et que les FC  $t(58)=7.75 ; p_{tukey}<.001 ; d=0.99$ . De même, les MC répondent mieux que les FC  $t(58)=6.93 ; p_{tukey}<.001 ; d=0.89$ . Enfin, aucun effet d'interaction

du Type de question\*Niveau de compréhension n'est observé ( $p>.1$ ). Cependant, les analyses post-hoc montrent que les FC répondent moins bien aux questions littérales que les BC  $t(111.7)=4.97$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=0.64$ , et que les MC  $t(111.7)=6.93$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=0.89$  ; et répondent moins bien aux questions inférentielles que les BC  $t(111.7)=7.02$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=0.90$ , et que les MC  $t(111.7)=6.07$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=0.78$ . Aucune différence entre les BC et les MC n'est observée (tous  $p_{tukey}>.1$ ). Comme illustré par la Figure 35, la différence entre les scores obtenus par les FC et les autres compreneurs est plus importante pour les questions inférentielles que pour les questions littérales. De nouveau, l'analyse nous permet ainsi de confirmer la pertinence de nos groupes de participants, les FC se distinguent bien des MC et des BC particulièrement pour les questions demandant la production d'une inférence. De plus, les MC se distinguent des BC.

**Figure 35**

*Résultats au test de compréhension de l'Étude 5*



*Note.* Niv\_comp : Niveau de compréhension

Concernant le test d'Edimbourg (Oldfield, 1971), les résultats nous ont permis de définir la préférence manuelle latérale des participants. Le nombre de « + » pour la main gauche et pour la main droite a été compté, puis la formule suivante a été appliquée pour chaque participant :  $\frac{(score\ main\ gauche - score\ main\ droite) * 100}{(score\ main\ gauche + score\ main\ droite)}$ . Le score obtenu permet de définir

la latéralité de nos participants : (1) 53 participants droitiers ayant obtenu un score entre 30 et

100, (2) cinq participants gauchers ayant obtenu un score entre -22 et -100, et (3) trois participants ambidextres ayant obtenu un score entre 10 et 11.

### **5.3.2. Méthodologie**

#### ***5.3.2.1. Participants***

Parmi les 61 participants ayant participé au pré-test, les trois participants ambidextres ont été exclus, l'expérience étant réalisée selon la préférence manuelle latérale. Au total 58 adolescents ont participé à l'étude.

#### ***5.3.2.2. Matériel***

##### *Tâches d'induction*

Vingt-deux photos d'objets manipulables ont été utilisées pour les tâches d'induction, mesurant 397 pixels x 285 pixels (voir Annexe N pour la liste complète). Deux images ont été utilisées en exemple, les 20 images expérimentales ont été contrebalancées selon un carré latin entre quatre versions expérimentales. Chaque participant voyait 10 images expérimentales pour l'induction de spécificité épisodiques, et les 10 autres pour l'induction contrôle. L'ordre de présentation des images était fixe. En plus des images, un signal sonore représentant un tintement de cloche a été utilisé pour la tâche d'induction motrice durant 4000 ms. Pour la tâche d'induction contrôle, 44 séries de six nombres à deux chiffres ont été utilisées (e.g. 60, 43, 78, 96, 19, 24). Ces séries ont été construites aléatoirement en s'assurant que chacun des six nombres appartient à une dizaine différente.

##### *Tâche de catégorisation*

Soixante-huit images d'objets et 68 images d'animaux ont été utilisées, mesurant chacune 397 pixels x 285 pixels. Pour les images d'objets, la moitié représentait des objets manipulables et l'autre des objets non manipulables (voir la liste complète en Annexe N). Pour les quatre versions expérimentales, les mêmes huit images ont servi d'exemple (deux images d'objets manipulables, deux images d'objets non manipulables et quatre images d'animaux). Les 128 images restantes ont été regroupées en quatre blocs, contenant chacun huit images d'objets manipulables, huit images d'objets non manipulables et 16 images d'animaux. Chaque image d'objet manipulable existe en version « droitier » et « gaucher » : dans la version « droitier »

l'objet est présenté de manière à ce que la poignée ou le manche soit orienté vers la main droite, et inversement pour la version gauche. En plus des images, une balle de jonglage a été utilisée.

### **5.3.2.3. Procédure**

#### Tâche d'induction motrice

Pour la tâche d'induction motrice, 10 images sont présentées à l'écran, chacune durant 4 secondes, précédées d'une croix de fixation durant 500 ms. Au bout des 4 secondes, un signal sonore est entendu afin d'indiquer aux participants de fermer les yeux et mimer toutes les utilisations possibles de l'objet et ce jusqu'à entendre de nouveau le signal sonore, à la fin des 30 secondes. Pour anticiper le fait que des participants peuvent ouvrir les yeux et arrêter de mimer la tâche avant la fin du temps alloué, l'image restait affichée à l'écran avec l'indication « Mitez » durant les 26 secondes. Cette indication avait pour but d'inciter les participants à mimer durant toute la durée de la tâche. Après un intervalle inter-stimuli de 1000 ms, une croix de fixation était de nouveau présentée, suivi de l'image suivante.

#### Tâche d'induction contrôle

Pour la tâche d'induction contrôle, les 10 images non utilisées pour la tâche d'induction motrice étaient présentées à l'écran. D'une manière identique à la tâche d'induction motrice, les images étaient présentées durant 4 secondes, et précédées d'une croix de fixation durant 500 ms. Après la disparition de l'image, une série de six nombres à deux chiffres était présentée. Les participants devaient réécrire dans l'ordre croissant les nombres. Nous avons choisi une série de six nombres afin que chaque essai dure en moyenne 30 secondes (i.e. présentation de l'image et réponse du participant), comme pour la tâche d'induction motrice. L'intervalle inter-stimuli était également de 1000 ms.

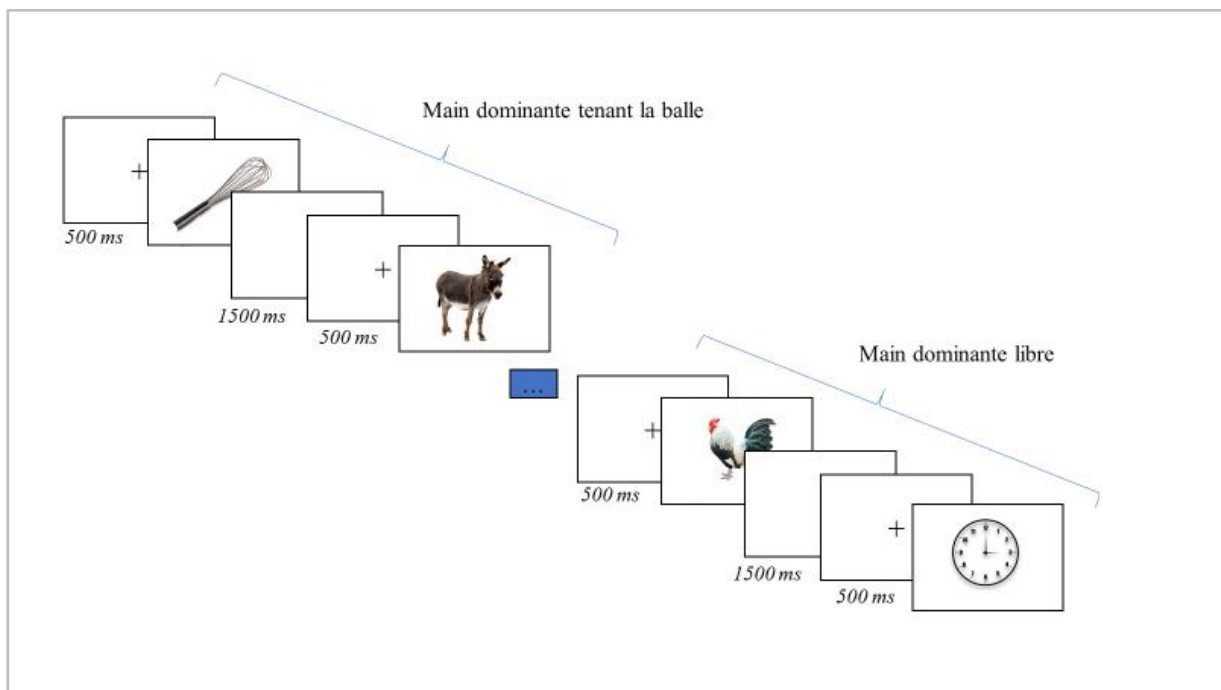
#### Tâche de catégorisation

La procédure est illustrée par la Figure 36. Les participants catégorisaient des images d'objets et d'animaux, en appuyant sur les touches « v » et « b » du clavier pour répondre. Pour la moitié des participants, la touche « v » correspondait à la réponse animal et « b » à la réponse objet. Les participants répondaient avec leur main non dominante, c'est-à-dire avec la main gauche pour les droitiers et la main droite pour les gauchers. Après la présentation d'une croix de fixation durant 500 ms, l'image à catégoriser était présentée jusqu'à réponse du participant.

L'intervalle inter-stimuli était de 1500 ms. Deux consignes différentes ont été données aux participants : catégoriser les 32 images (1) en tenant une balle de jonglage dans leur main dominante ; ou (2) en posant leur main dominante à plat sur la table. Les deux conditions de réponse ont été réalisées par les participants : la moitié des participants réalisait d'abord la tâche de catégorisation avec la main sur la table puis avec la balle dans la main, et inversement pour l'autre moitié. Les participants pouvaient faire une pause entre les deux conditions s'ils en ressentaient le besoin. Afin de s'habituer à répondre avec la main non dominante, quatre images étaient présentées en exemple.

**Figure 36**

*Tâche de catégorisation de l'Étude 5*



Déroulement des tâches

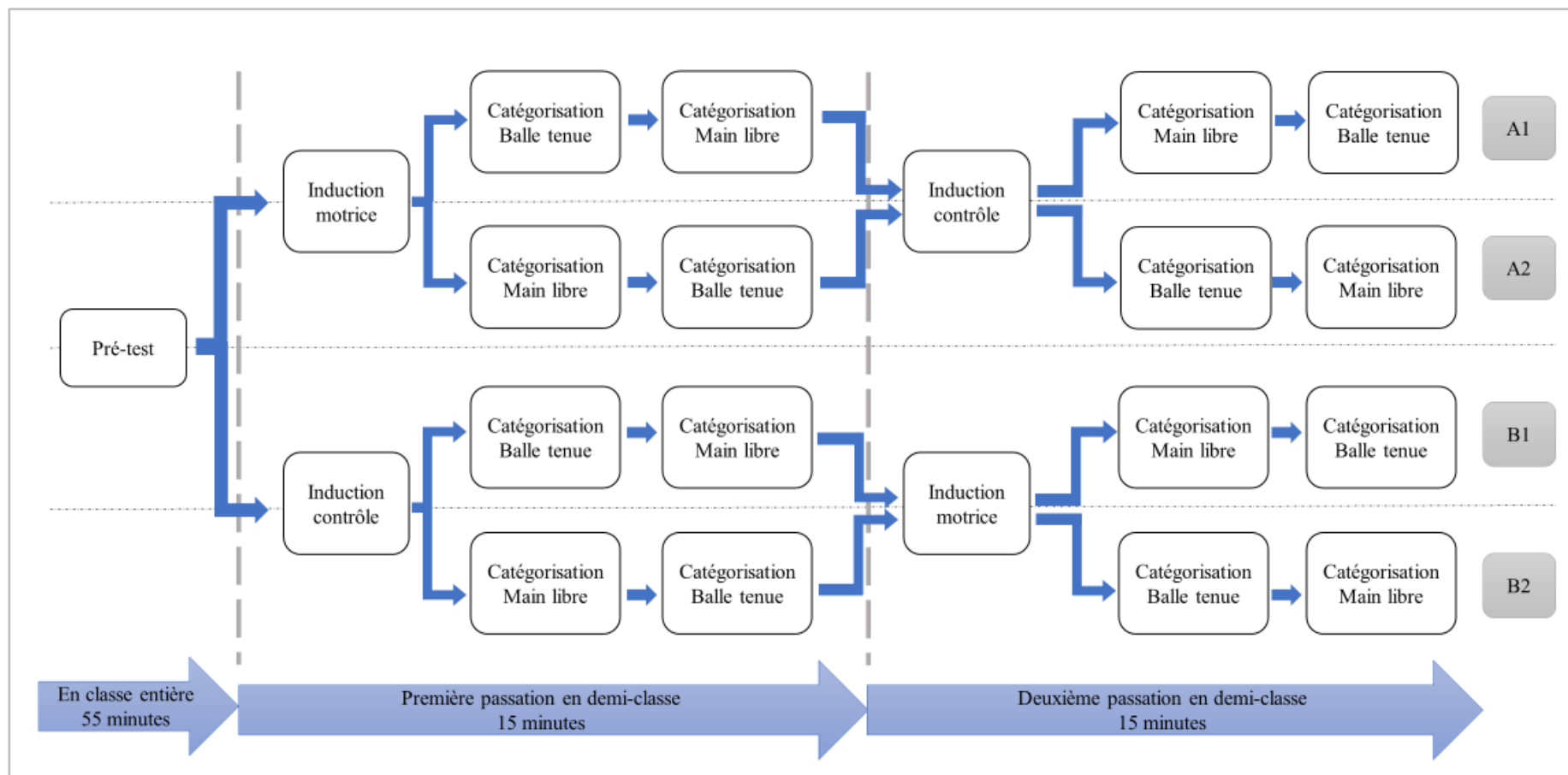
L'Étude 5 s'est déroulée en trois passations, comme illustré par la Figure 37. Lors du pré-test, les participants ont réalisé les tâches papier-crayon en classe entière. Par la suite, les participants étaient assignés à l'une des quatre versions construites (A1, A2, B1 et B2). Les participants des versions A ont réalisé lors de la première passation l'induction motrice, puis l'induction contrôle lors de la deuxième passation, et inversement pour les participants réalisant les versions B. De plus, lors de la première passation, les participants des versions A1 et B1 ont

réalisé la tâche de catégorisation en tenant la balle dans la main puis en posant la main sur la table et inversement pour les participants des versions A2 et B2. Lors de la deuxième passation, la position de la main a été inversée. La constitution des quatre versions a permis ainsi de contrebalancer l'ordre de passation des tâches, et ainsi de contrôler la présence d'un effet d'ordre.

Le plan expérimental de l'étude était 2 (Ordre des inductions : Motrice-Contrôle ou Contrôle-Motrice) X 2 (Position de la main : Main sur la table ou Balle dans la Main) X 2 (Type d'objet : Manipulable ou Non manipulable) X 3 (Niveau de compréhension : FC ou MC ou BC). Les variables Position de la main et Type d'objet sont des facteurs intra-sujets et les variables Ordre des inductions et Niveau de compréhension des facteurs inter-sujets.

**Figure 37**

*Procédure de l'Étude 5*





### 5.3.3. Résultats

Dans l'ensemble, les participants ont catégorisé correctement 98% des objets. Les analyses ont été réalisées sur les temps de réponse correcte. Les temps de réponse inférieurs à 100 ms et supérieurs à 2500 ms ont été écartés. De plus, les temps de réponse supérieurs et inférieurs à 2,5 écarts-types de la moyenne pour chaque participant et chaque condition expérimentale ont été écartés. Finalement, moins de 4% des données des 58 participants ont été écartées.

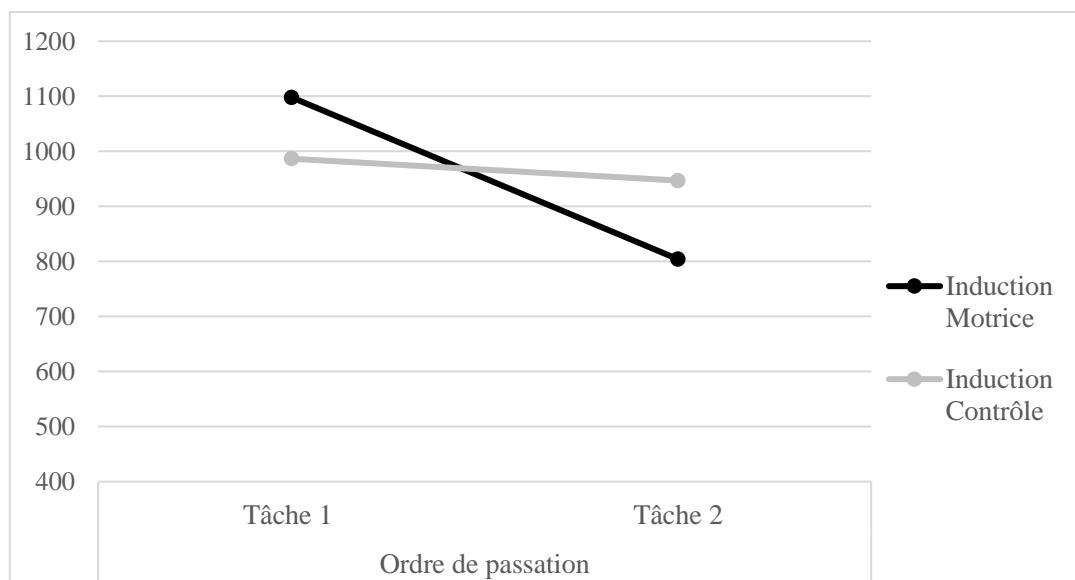
Pour rappel, des patterns de réponses différents sont attendus en fonction du type d'objet et du niveau de compréhension. Pour l'ensemble des participants, aucune différence n'est attendue concernant les objets non manipulables. Pour reconnaître les objets non manipulables, aucune simulation manuelle est utilisée, de par la nature des objets. Concernant les objets manipulables nous nous attendons à voir un effet d'interférence créé par la balle pour les BC et les MC : les participants devraient catégoriser plus rapidement les objets manipulables lorsque leur main est posée sur la table que lorsque leur main tient la balle. Concernant les FC, s'ils présentent des difficultés de simulation, aucun effet d'interférence ne devrait être observé. De plus, les différences de temps de réponse attendues devraient être plus importantes après avoir réalisé l'induction motrice qu'après avoir réalisé l'induction contrôle. Ainsi, nous nous intéresserons particulièrement à l'interaction Induction\*Position de la main\*Type d'objet\*Niveau de compréhension.

Afin de vérifier l'absence d'effet dû à l'ordre de passation des tâches d'induction, une première série d'analyse a été réalisée. Pour rappel, les participants des versions A1 et A2 réalisaient la tâche d'induction motrice lors de la première passation (condition *Motrice-Contrôle*), alors que les participants des versions B1 et B2 réalisaient la tâche d'induction contrôle en premier (condition *Contrôle-Motrice*). Une analyse ANOVA a été réalisée avec en facteurs intra-sujets l'Induction (Motrice ou Contrôle), la Position de la main (Balle dans la main ou Main sur la table), et le Type d'objet (Manipulable ou Non manipulable), et comme facteur inter-sujets l'Ordre de passation (Motrice-Contrôle ou Contrôle-Motrice). Contrairement à ce qui est attendu, un effet significatif de la version est mis en exergue  $F(1,56)=8.646$  ;  $p=.005$  ;  $\eta^2_p=.134$ , les participants de la condition Motrice-Contrôle répondent dans l'ensemble plus lentement ( $M=1042$  ;  $SD=272$ ) que les participants de la condition Contrôle-Motrice ( $M=876$  ;  $SD=262$ ). De plus, l'effet d'interaction Induction\*Ordre de passation est significatif  $F(1,56)=27.69$  ;  $p<.001$  ;  $\eta^2_p=.331$ . Les analyses post-hoc montrent

que la différence de temps de réponse entre les participants des conditions Motrice-Contrôle et Contrôle-Motrice est significative uniquement pour l'induction motrice  $t(75.7)=4.77$  ;  $p_{tukey}<.001$  ;  $d=.63$ . Comme illustré par la Figure 38, lorsque la tâche d'induction motrice est réalisée en premier, les participants catégorisent plus lentement les objets que lorsqu'elle est réalisée en deuxième. Aucune différence dans les temps de réponse n'est observée pour l'ordre de passation de l'induction contrôle ( $t<1$ ). L'analyse révèle également un effet du Type d'objet  $F(1,56)=7.66$  ;  $p=.008$  ;  $\eta^2_p=.120$ , les objets manipulables sont catégorisés plus rapidement ( $M=944$  ;  $SD=274$ ) que les objets non manipulables ( $M=974$  ;  $SD=285$ ). Aucun autre effet n'a été observé (tous les  $p>.1$ ).

**Figure 38**

*Effet d'interaction Induction\*Ordre de passation*



Afin d'analyser le comportement des participants selon leur groupe de niveau, une série d'analyses supplémentaires devait être réalisée en séparant les participants ayant réalisé la condition Motrice-Contrôle et les participants ayant réalisé la condition Contrôle-Motrice. Cependant, l'étude a été réalisée auprès d'un seul établissement scolaire au lieu de deux, à cause de la situation sanitaire. De ce fait, le nombre de BC et de FC n'est pas suffisant pour réaliser des analyses inférentielles : la condition Motrice-Contrôle a été réalisée par 5 BC et 8 FC, et la version Contrôle-Motrice par 6 BC et 10 FC. Le nombre insuffisant de participants nous oblige à présenter seulement les analyses descriptives de nos résultats, en fonction du niveau de compréhension et de l'ordre de passation (voir les Tableau 6 et Tableau 7 pour les moyennes

observées pour l'interaction Induction\*Position de la main\*Type d'objet\*Niveau de compréhension, le reste des résultats est présenté en Annexe O). Pour l'ensemble des résultats présentés par la suite, la moyenne pour les essais avec la balle dans la main est notée  $M_T$  et la moyenne pour les essais avec la main sur la table notée  $M_B$ .

**Tableau 6***Résultats de l'Étude 5 pour les participants la condition Motrice-Contrôle*

	Induction											
	Motrice						Contrôle					
	Balle dans la main			Main sur la table			Balle dans la main			Main sur la table		
	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total
BC	1013 (300)	1028 (315)	1021 (290)	972 (190)	969 (196)	970 (182)	1100 (268)	1102 (207)	1101 (225)	1079 (188)	1084 (395)	1082 (291)
MC	1076 (322)	1120 (336)	1098 (324)	1053 (253)	1153 (323)	1103 (290)	987 (290)	960 (229)	974 (257)	958 (280)	994 (290)	976 (281)
FC	1123 (241)	1227 (250)	1175 (243)	1121 (274)	1160 (326)	1141 (292)	938 (189)	1015 (197)	976 (191)	899 (143)	930 (137)	915 (136)
Total	1078 (290)	1134 (308)	1106 (298)	1058 (247)	1123 (305)	1091 (277)	993 (259)	1000 (216)	996 (237)	962 (236)	992 (273)	977 (254)

*Notes.* Manip : Manipulable ; Non manip : Non manipulable. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

**Tableau 7***Résultats de l'Étude 5 pour les participants la condition Contrôle-Motrice*

	Induction											
	Motrice						Contrôle					
	Balle dans la main			Main sur la table			Balle dans la main			Main sur la table		
	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total
BC	814 (130)	822 (122)	818 (120)	909 (303)	852 (191)	880 (243)	960 (368)	996 (314)	978 (327)	962 (217)	998 (330)	980 (267)
MC	715 (168)	716 (96)	715 (134)	741 (187)	783 (208)	762 (195)	841 (200)	850 (167)	846 (181)	848 (197)	875 (178)	861 (185)
FC	835 (198)	851 (262)	843 (226)	872 (300)	892 (289)	882 (287)	1057 (355)	1067 (335)	1062 (336)	998 (401)	1076 (378)	1037 (381)
Total	777 (176)	785 (181)	781 (226)	821 (257)	835 (233)	828 (243)	941 (302)	955 (275)	948 (286)	923 (286)	969 (296)	946 (289)

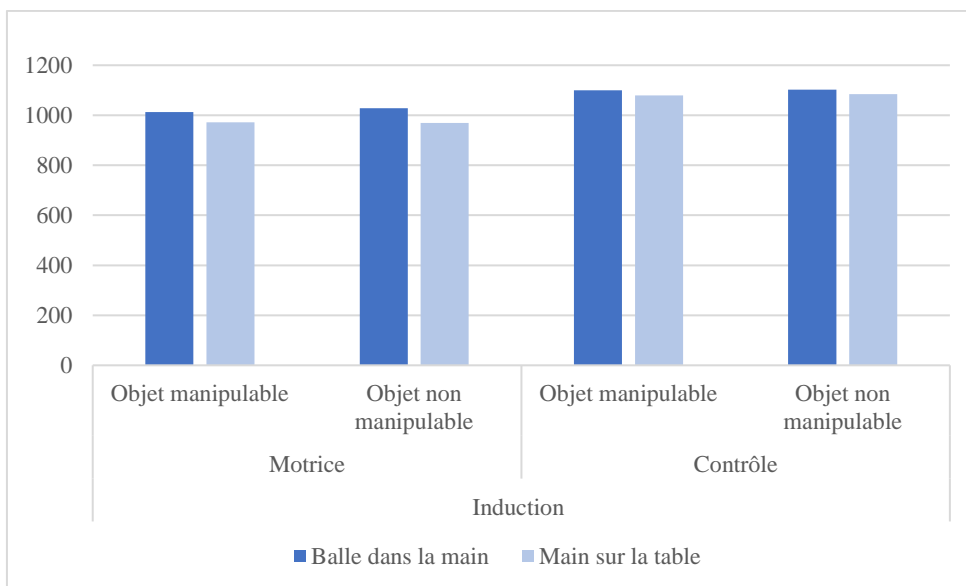
*Notes.* Manip : Manipulable ; Non manip : Non manipulable. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

### Ordre : induction motrice puis induction contrôle

La Figure 39 représente les résultats obtenus par les BC. Comme attendu, les BC catégorisent plus rapidement les objets lorsque la tâche est précédée de l'induction motrice ( $M=996$  ;  $SD=237$ ) que lorsqu'elle est précédée de l'induction contrôle ( $M=1091$  ;  $SD=254$ ). Cependant, à l'inverse de ce qui est attendu, les BC catégorisent aussi rapidement les objets après avoir réalisé l'induction motrice, lorsqu'ils tiennent la balle dans la main et lorsqu'ils ont la main sur la table, que ce soit pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=41$ ) ou les objets non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=59$ ). De même, après avoir réalisé l'induction contrôle, les BC catégorisent les objets aussi rapidement lorsqu'ils tiennent la balle dans la main ou lorsque leur main est sur la table, et ce pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=21$ ) et non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=18$ ). Ainsi, pour les BC seul le type d'induction semble avoir un impact sur la rapidité de catégorisation des objets.

**Figure 39**

*Résultats de l'Étude 5 pour les BC de la condition Motrice-Contrôle*

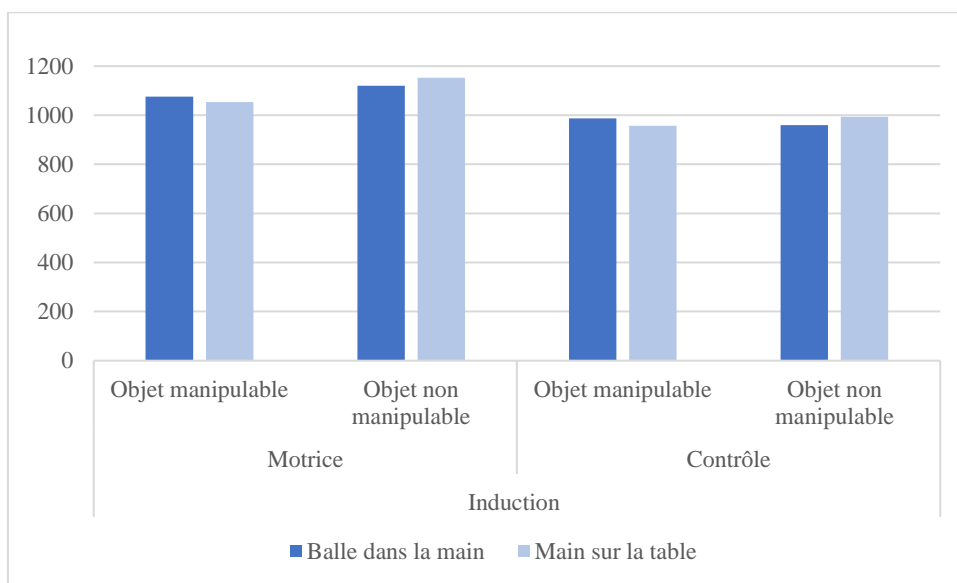


À l'inverse des BC, les MC sont plus lents pour catégoriser les objets après avoir réalisé l'induction motrice ( $M=1100$  ;  $SD=305$ ) que l'induction contrôle ( $M=975$  ;  $SD=267$ ), comme illustré par la Figure 40. Après l'induction motrice, tout comme les BC, les MC catégorisent aussi rapidement les objets en tenant la balle dans la main qu'en posant la main sur la table pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=23$ ) et pour les objets non manipulables

( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-33$ ). De même, après la tâche d'induction contrôle, pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=29$ ) et pour les objets non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-34$ ), les temps de catégorisation sont similaires. Les MC semblent ainsi catégoriser aussi rapidement les objets manipulables et non manipulables, que leur main soit sur la table ou que leur main tienne la balle. Cependant et contrairement à ce qui était attendu, les MC présentent des temps de réponse plus courts après avoir réalisé l'induction contrôle que l'induction motrice.

**Figure 40**

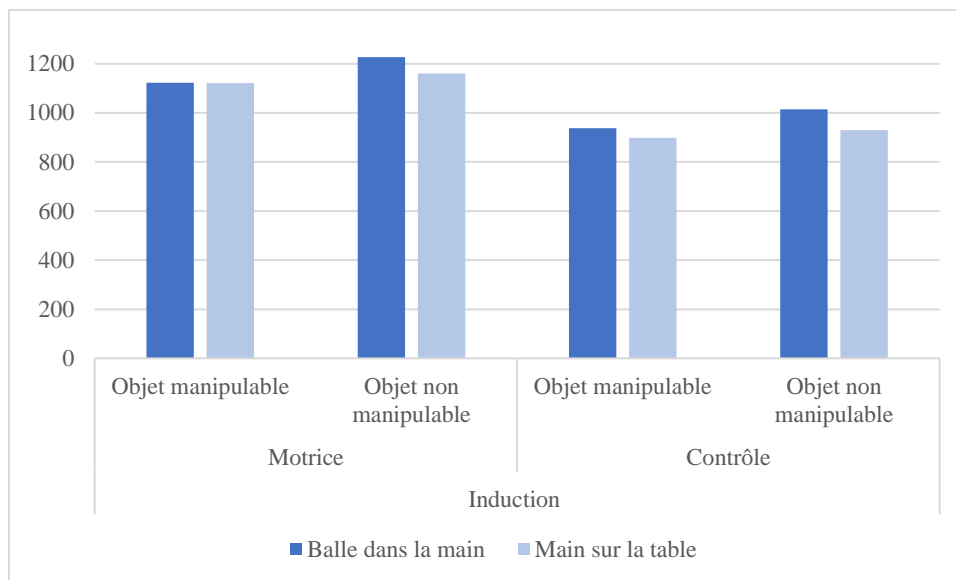
*Résultats de l'Étude 5 pour les MC de la condition Motrice-Contrôle*



Enfin, les FC présentent un pattern de réponses similaire aux MC (cf. Figure 41) : ils catégorisent plus rapidement les objets après avoir réalisé la tâche d'induction contrôle ( $M=945$  ;  $SD=166$ ) qu'après avoir réalisé la tâche d'induction motrice ( $M=1158$  ;  $SD=265$ ). De plus, les moyennes de temps de réponse sont similaires après l'induction motrice pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=2$ ) et non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=67$ ), ainsi qu'après l'induction contrôle pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=39$ ) et non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=85$ ). Comme pour les BC et les MC, les FC semblent sensibles uniquement au type d'induction réalisée et non pas au type d'objets à catégoriser ni à la position de la main.

**Figure 41**

*Résultats de l'Étude 5 pour les FC de la condition Motrice-Contrôle*



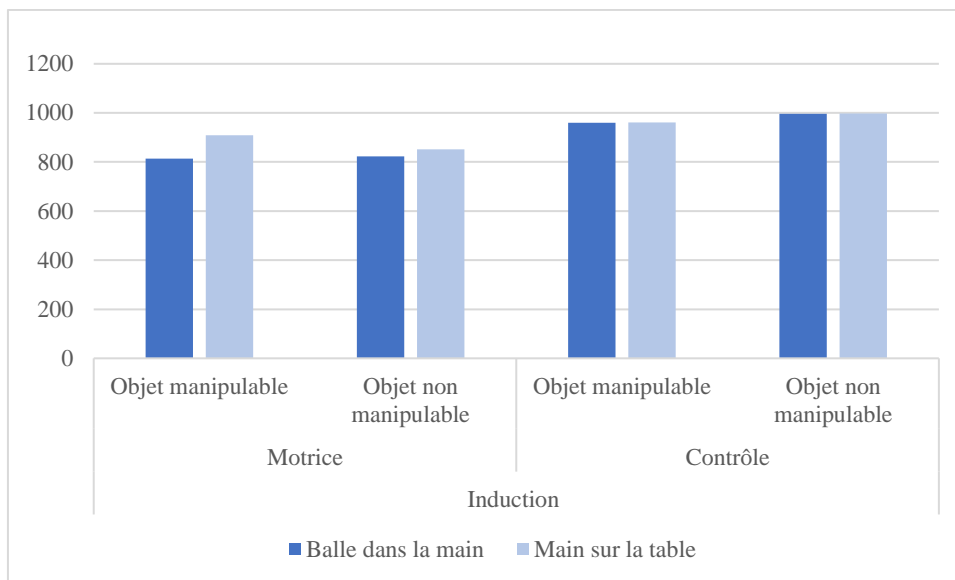
*Ordre : induction contrôle puis induction motrice*

Les BC présentent un pattern de réponses similaire aux BC de la condition Motrice-Contrôle, représenté par la Figure 42 : ils catégorisent plus rapidement les objets après avoir réalisé l'induction motrice ( $M=849$  ;  $SD=190$ ) qu'après avoir réalisé l'induction contrôle ( $M=979$  ;  $SD=292$ ). De même, les différences de temps de réponse entre les conditions Balle dans la main et Main sur la table sont minimales pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-95$ ) et non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-30$ ) de la condition induction motrice, ainsi que pour les objets manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-2$ ) et non manipulables ( $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-2$ ) de la condition induction contrôle. Pour les BC de la condition Contrôle-Motrice, nous observons l'effet de l'induction motrice attendu : à savoir une catégorisation plus rapide des objets après avoir réalisé la tâche d'induction motrice.



**Figure 42**

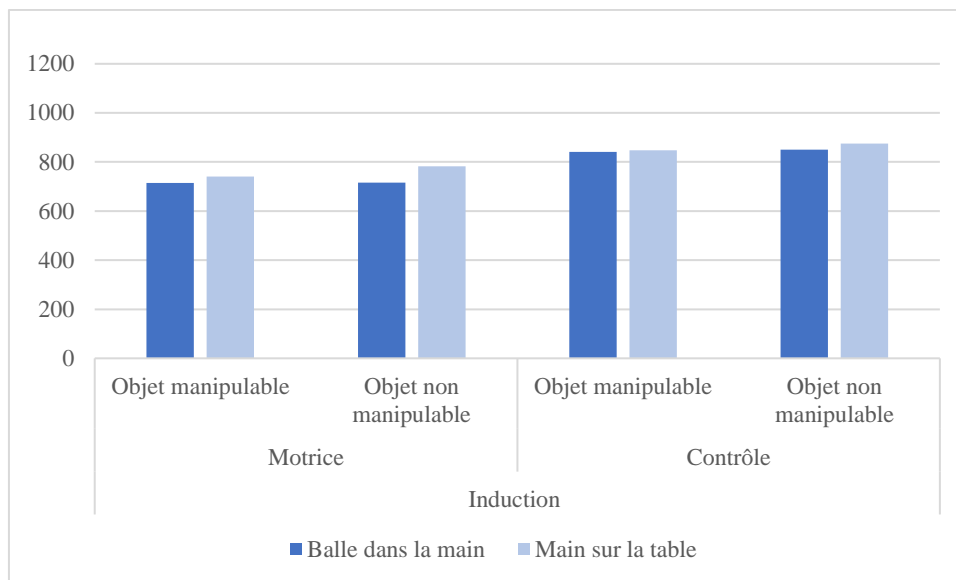
*Résultats de l'Étude 5 pour les BC de la condition Contrôle-Motrice*



Des résultats similaires sont observés auprès des MC : ils catégorisent plus rapidement les images d'objets après avoir réalisé la tâche d'induction motrice ( $M=739$  ;  $SD=167$ ) qu'après avoir réalisé l'induction contrôle ( $M=853$  ;  $SD=181$ ) (cf. Figure 43). De nouveau, les participants catégorisent aussi rapidement les objets lorsqu'ils ont la main sur la table ou la balle dans la main, et ce pour les objets manipulables et non manipulables après avoir réalisé l'induction motrice (respectivement :  $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-26$  ;  $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-67$ ) ou l'induction contrôle (respectivement :  $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-7$  ;  $\text{Diff}_{(MT-MB)}=-25$ ). De nouveau, nous observons l'effet facilitateur dû à l'induction motrice attendu.

**Figure 43**

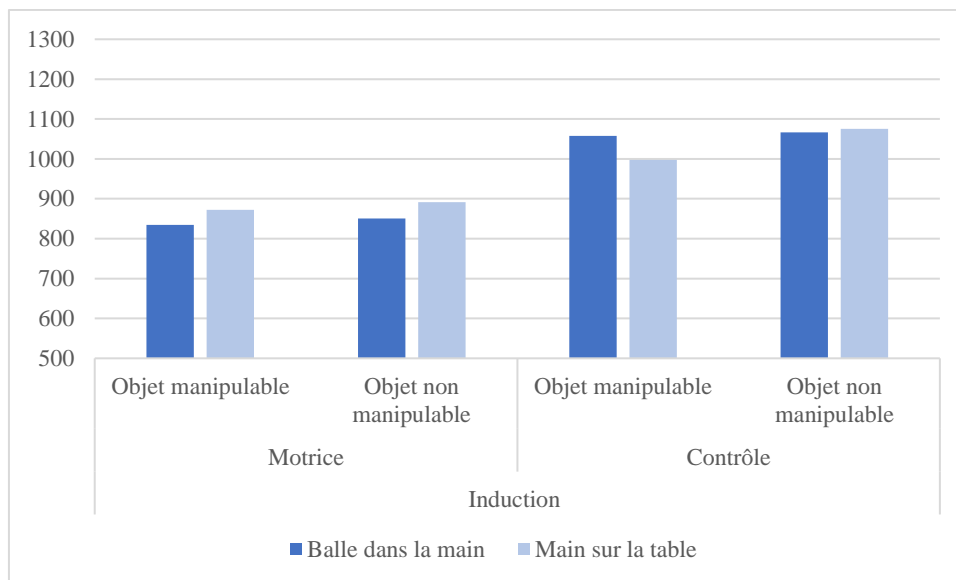
*Résultats de l'Étude 5 pour les MC de la condition Contrôle-Motrice*



Enfin, les FC présentent un pattern de réponses identique aux BC et MC de la condition Contrôle-Motrice, à savoir un effet facilitateur de l'induction motrice sur la tâche de catégorisation ( $M=862$  ;  $SD=256$ ), par rapport à l'induction contrôle ( $M=1049$  ;  $SD=355$ ), illustré par la Figure 44. Les FC, après avoir réalisé la tâche d'induction motrice, catégorisent aussi rapidement les stimuli en tenant la balle dans la main ou en posant leur main sur la table, pour les objets manipulables ( $Diff_{(MT-MB)}=-37$ ), et non manipulables ( $Diff_{(MT-MB)}=-41$ ). De même, après avoir réalisé l'induction contrôle, les FC ont des temps de réponse similaires entre les essais réalisés avec la main sur la table et ceux réalisés avec la balle dans la main pour les objets manipulables ( $Diff_{(MT-MB)}=59$ ) et non manipulables ( $Diff_{(MT-MB)}=-9$ ). Ainsi, comme pour l'ensemble des participants, les FC de la condition Contrôle-Motrice semblent être sensibles uniquement au type d'induction réalisé avant la tâche de catégorisation.

**Figure 44**

*Résultats de l'Étude 5 pour les FC de la condition Contrôle-Motrice*



### 5.3.4. Discussion

L'objectif de l'Étude 5 était de tester la simulation motrice à l'aide d'une tâche de catégorisation d'objets manipulables auprès d'adolescents ayant des niveaux de compréhension différents. Notre hypothèse étant que les FC présenteraient des difficultés au niveau de la simulation motrice, seuls les BC et les MC auraient dû présenter un effet d'interférence causé par le maintien de la balle dans la main. En effet, le fait de maintenir la balle dans la main empêche les neurones impliqués dans le mouvement de s'activer pour la simulation motrice, entraînant un ralentissement dans la reconnaissance d'objets manipulables (Dutriaux & Gyselinck, 2016; Witt et al., 2010). Cependant, nous supposons que si les FC présentent des difficultés au niveau de la simulation motrice, alors ils ne devraient pas présenter d'effets d'interférence. De plus, afin d'augmenter l'impact de la simulation motrice, les participants réalisaient une tâche d'induction motrice ou d'induction contrôle avant la tâche de catégorisation. L'induction motrice devait entraîner une simulation motrice plus importante, et par conséquent augmenter les effets liés à la position de la main (Main sur la table ou Balle dans la main).

Du fait de la grève contre la réforme des retraites et de la crise sanitaire actuelle du COVID-19, le nombre de participants ayant réalisé l'expérience était insuffisant. Les résultats montrent un effet de l'ordre des versions, de ce fait seules les analyses descriptives

ont été présentées. Les résultats observés ne sont pas ceux attendus. En effet, aucune différence de temps de réponse n'est observée entre les conditions Main sur la table et Balle dans la main, et ce quels que soient le type d'objet à catégoriser et le type d'induction réalisée avant la tâche. Cette absence d'effet devra être confirmée lorsque le nombre de participants sera suffisant pour réaliser une analyse inférentielle.

Concernant le type d'induction réalisé, il semblerait que lorsque l'induction motrice est réalisée lors de la première session, celle-ci interfère avec la tâche de catégorisation, entraînant un ralentissement dans les temps de réponse, excepté pour les BC. À l'inverse, lorsqu'elle est réalisée en deuxième session, l'induction motrice faciliterait la catégorisation des objets. Pour l'induction contrôle, aucune différence n'est observée entre les participants ayant réalisé la tâche lors de la première ou de la deuxième session. Le ralentissement des temps de catégorisation pour les MC et les FC après avoir réalisé l'induction motrice pourrait s'expliquer par le fait que les participants appréhendaient la tâche suivante à réaliser. En effet, lors de la première passation, les consignes des tâches à réaliser étaient données l'une après l'autre. Ainsi, les participants réalisaient la tâche d'induction motrice ou contrôle sans avoir connaissance de la tâche de catégorisation à réaliser par la suite. Or, pour la tâche d'induction motrice, les participants devaient fermer les yeux et mimer devant eux l'utilisation d'objets, tâche non habituelle pour des adolescents en milieu scolaire. Les participants pouvaient donc éprouver de l'appréhension quant à ce qui les attendait par la suite. Cette possible appréhension n'était sûrement pas présente pour les participants réalisant la tâche d'induction motrice en deuxième session. En effet, ils connaissaient déjà la tâche de catégorisation à réaliser par la suite. Néanmoins, comme pour l'ensemble des résultats, nous ne pouvons pas proposer en l'état d'interprétation précise de ces résultats. Lorsque la situation sanitaire nous le permettra, nous continuerons cette étude afin d'affiner nos observations.

#### **5.4. Discussion générale de l'axe 2**

Ce deuxième axe de recherche testait l'hypothèse d'une difficulté d'émergence des connaissances chez les FC. Pour ce faire, nous nous sommes focalisés sur deux mécanismes centraux dans cette activité : l'intégration et la simulation. D'après le modèle Act-In, le fonctionnement de la mémoire est sous-tendu par trois mécanismes : l'activation inter-traces,

l'activation intra-trace et l'intégration intermodale (Versace et al., 2018). Ce dernier mécanisme est impliqué au niveau de la création des traces mnésiques en intégrant les différentes modalités qui les composent. Par la suite, lors de l'émergence des connaissances, ces différentes modalités seront activées en fonction de l'intégration intermodale. Les Études 3 et 4 ont été conduites afin de tester l'hypothèse que les FC auraient des difficultés à intégrer deux composants au sein d'une trace mnésique. Quant à la simulation, ce mécanisme est à l'origine de l'émergence des connaissances par la réactivation des états corporels précédents (e.g. Barsalou, 2013; Versace et al., 2018). L'objectif de l'Étude 5 était de tester l'hypothèse d'une moindre simulation motrice de la part des FC.

Dans le but de tester le mécanisme d'intégration, l'étude de Brunel et al. (2010) a été adaptée dans l'Expérience 3. Celle-ci se déroulait en deux phases. Lors de la première phase deux formes géométriques étaient présentées dont l'une systématiquement avec un bruit blanc, afin que les participants associent la forme et le bruit en mémoire. Par la suite, les participants réalisaient une tâche d'amorçage lors de la phase de test. Deux amorces pouvaient être présentées durant 500 ms : une amorce sonore correspondant à la forme géométrique présentée avec le bruit blanc lors de la phase d'apprentissage, et une amorce silencieuse correspondant à l'autre forme. Les cibles étaient des images d'objets sélectionnés selon deux variables : la sonorité associée à son utilisation usuelle (sonore vs. silencieux) et sa taille (petit vs. grand). Les participants devaient catégoriser le plus rapidement possible les cibles selon leur taille. Dans l'étude originale, un effet d'amorçage facilitateur est observé pour les petits objets sonores précédés de l'amorce sonore, lorsque le SOA est de 500 ms, c'est-à-dire identique au temps de présentation des items de la phase d'apprentissage. Cet effet facilitateur traduit l'intégration en mémoire des composants : lorsque les participants perçoivent la forme géométrique, le bruit associé est réactivé en mémoire. Sur la base de ces résultats, nous supposons que les BC devaient également présenter l'effet facilitateur. En revanche, si les FC ont des difficultés pour intégrer deux composants, ils ne devaient pas présenter d'effet d'amorçage : la perception de la forme géométrique ne devait pas entraîner l'activation du bruit. Les résultats obtenus correspondent à ceux attendus, confirmant ainsi notre hypothèse : les FC semblent avoir des difficultés d'intégration. Nous interprétons ces résultats comme l'existence d'un mécanisme d'intégration moins efficace de la part des FC. De ce fait, ils auraient besoin de vivre plus d'expériences où les deux composants sont présents (ici le nombre de présentation lors de la phase d'apprentissage) afin de les intégrer

ensemble. Le nombre d'expériences nécessaires reste à déterminer et pourrait faire l'objet d'études à venir.

L'Étude 4 a été réalisée afin de tester le mécanisme d'intégration à l'aide d'une mesure psychophysique, en adaptant l'Expérience 2 de Rey et al. (2015). Cette expérience était composée de deux phases. La phase d'apprentissage était basée sur le même principe que celle de l'Étude 3 à savoir la présentation de deux modalités (ici la taille et la couleur des cercles) afin qu'ils soient intégrés en mémoire par le participant. La phase de test, reprenant l'illusion d'Ebbinghaus, correspondait à la présentation d'un cercle de référence et de cercles tests. Ces derniers étaient entourés de cercles inducteurs de l'une des deux couleurs utilisées lors de la phase d'apprentissage. Si l'intégration a bien eu lieu, la perception de la couleur du cercle devrait entraîner en mémoire l'activation de la taille, créant un biais perceptif. Ainsi, dans l'étude originale, les participants ont perçu les cercles tests entourés des inducteurs grands comme plus petits que les cercles tests entourés des inducteurs petits. Cependant, aucun effet des inducteurs n'est observé dans notre étude. Nous interprétons cette absence d'effet en termes de charge attentionnelle ; l'expérience est trop coûteuse pour des adolescents.

Enfin, l'Étude 5 avait quant à elle pour objectif de tester la simulation motrice des FC. Nous nous sommes appuyés sur les travaux de Witt et al., (2010) et Dutriaux et Gyselinck (2016) montrant que la reconnaissance d'objets manipulables est perturbée lorsque les mains des participants sont occupées en tenant une balle dans la main ou en serrant les mains derrière le dos. Ce résultat s'explique par le fait que lorsque les mains sont occupées, les participants ne peuvent plus simuler l'utilisation de l'objet, interférant avec la reconnaissance. Afin d'augmenter l'effet d'interférence, une tâche d'induction motrice a été construite afin de favoriser la simulation des participants. Cette tâche s'appuie sur l'induction de spécificité épisodique (Jing et al., 2017; Madore et al., 2014, 2015, 2016; Purkart et al., 2019; Schacter & Madore, 2016) dans laquelle, les participants sont invités à simuler de la manière la plus riche possible une situation de la vie quotidienne. Dans notre étude, les participants réalisaient deux fois la tâche de catégorisation, une fois précédée de l'induction motrice, adaptée de l'induction de spécificité épisodique ; et l'autre fois d'une induction contrôle où ils devaient classer des nombres dans un ordre croissant. L'ordre de passation a été contrebalancé entre les participants, la moitié réalisant la tâche d'induction motrice puis la tâche d'induction contrôle, et inversement pour l'autre moitié. Nous nous

attendions à observer un effet d'interférence de la position de la main pour les BC et les MC, qui devait être plus important après la tâche d'induction motrice qu'après la tâche d'induction contrôle. En revanche, pour les FC aucun effet d'interférence n'était attendu après la tâche d'induction contrôle. Pour l'induction motrice, les FC devaient soit présenter un effet d'interférence, traduisant le fait qu'ils ne simulent pas naturellement la manipulation d'un objet, soit ne présenter aucun effet d'interférence, indiquant une absence de simulation motrice de leur part.

Les résultats observés montrent un effet de l'ordre des passations : lorsque la tâche d'induction motrice est réalisée en premier, les temps de catégorisation sont plus importants par rapport à la condition induction contrôle. À l'inverse, lorsque la tâche d'induction motrice est réalisée lors de la seconde passation, les participants présentent l'effet facilitateur attendu. Cet effet d'ordre couplé au nombre insuffisant de participants lié à la situation sanitaire actuelle, nous a empêché de conduire des analyses inférentielles sur les données. Ainsi, seule une description des données a pu être faite, ne montrant aucun effet lié à la position de la main (balle dans la main ou main sur la table) ou de la nature de l'objet (manipulable ou non manipulable). Cependant, les données actuelles ne nous permettent pas d'interpréter précisément ces observations. Lorsque la situation sanitaire nous le permettra, l'étude sera de nouveau conduite afin de récolter plus de données. Une étude alternative est également envisagée où seules les variables Position de la main et Type d'objet seront manipulées. Cette adaptation de l'étude sans les tâches d'induction nous permettra de supprimer l'effet d'ordre des inductions observé dans cette présente étude, et ainsi de tester si les adolescents présentent des patterns similaires aux adultes dans une tâche plus proche de celles développées par Dutriaux et Gyselinck (2016) et Witt et al. (2010).

Pour résumé, seules les données de l'Étude 3 peuvent confirmer l'hypothèse d'une difficulté au niveau de l'émergence des connaissances de la part des FC. En effet, l'Étude 4 n'était pas adaptée à notre population et seule la moitié des données pour l'Étude 5 a pu être récoltée en raison de la crise sanitaire actuelle. La première étude de notre axe permet cependant de confirmer notre hypothèse portant sur le mécanisme d'intégration. Les FC n'ont pas intégré les composants en mémoire. Cette étude suggère que les FC pourraient avoir besoin de vivre plus d'expériences où les différents composants apparaissent afin de les intégrer. Cette interprétation est en accord avec les résultats obtenus par Nation et Snowling (1999). Pour rappel, les auteurs montrent que les FC présentent un effet

d'amorçage sémantique uniquement lorsque les paires de mots sont fortement reliées par leur fonction, c'est-à-dire que l'individu a pu les expérimenter ensemble (e.g. *Table-Chaise*). À l'inverse, pour les paires de mots ne co-apparaissant pas dans les expériences des individus, les FC ne présentent pas l'effet d'amorçage, contrairement aux BC (e.g. *Avion-Train*). De même, les résultats obtenus dans nos expériences de l'axe 1 montrent que les informations nécessaires à l'évaluation de la pertinence de la phrase ne sont pas disponibles en MDT pour les FC lorsque les phrases sont difficiles, c'est-à-dire correspondent à des phrases de vérité générale peu partagée. La difficulté de la phrase, interprétée comme un lien sémantique plus faible entre les concepts d'après Richter et al. (2009) peut être interprétée en termes d'expériences vécues. La phrase facile *Le café contient de la caféine* correspond à une situation que des adolescents expérimentent régulièrement au cours de leur vie. Ainsi, les FC ayant expérimenté fortement cette situation ne devraient pas présenter de différences au niveau de l'émergence des connaissances par rapport aux BC, l'intégration entre les composants ayant été réalisée au cours des multiples expérimentations. En revanche, la phrase *La lumière entraîne la photosynthèse* ne correspond pas à une situation de la vie quotidienne régulièrement expérimentée. Le lien entre la lumière et la photosynthèse est expérimenté seulement d'une manière langagière au cours des enseignements reçus à l'école. Dans cette situation l'intégration entre les composants n'est pas similaire entre les FC et les BC, entraînant une émergence plus difficile de la part des FC. Les travaux que nous avons conduits permettent ainsi d'apporter une nouvelle piste explicative des difficultés de compréhension des FC. Leurs difficultés pourraient provenir d'une faiblesse au niveau de l'intégration des différentes modalités d'une situation, entraînant une difficulté au niveau de l'émergence des connaissances. Cette hypothèse pourrait être vérifiée dans des études à venir, testant le mécanisme d'intégration des FC au cours de différentes activités cognitives.



## **DISCUSSION GENERALE**

## 6.1. Synthèse des résultats

L'objectif principale de cette thèse était d'approfondir les connaissances sur le profil des FC, qui présentent des difficultés de compréhension de textes sans difficultés de décodage. Pour cela, dans le premier chapitre nous avons présenté une partie des études et travaux réalisés sur ce profil particulier de lecteur. À partir de cet état des lieux nous avons constaté qu'il n'existe pas de consensus sur les difficultés identifiées : les FC auraient des compétences sémantiques plus faibles (Nation & Snowling, 1998, 1999; Weekes et al., 2008), seraient moins sensibles à la structure du texte (Cain, 2003; Cain & Oakhill, 1996; Paris & Jacobs, 1984), disposeraient de moins de méta-connaissances sur le texte que les BC (Cain, 1999; Paris & Myers, 1981), et présenteraient des difficultés d'inhibition (De Beni et al., 1998; De Beni & Palladino, 2000) ainsi que de MDT (Kleinsz et al., 2017; Yuill et al., 1989). Néanmoins, la communauté scientifique s'accorde sur le fait que leur difficulté majeure réside dans leur habileté à produire des inférences. La raison d'une telle difficulté demeure à expliquer, et plusieurs pistes explicatives sont actuellement développées, en termes de difficultés de MDT (e.g. Currie & Cain, 2015), ou en termes de difficultés d'accès aux informations nécessaires à la production d'inférences (Long & Chong, 2001; Smith & O'Brien, 2016). Toutefois, aucune de ces études n'a étudié le fonctionnement des processus sous-tendant la production d'inférences. C'est ce que nous avons proposé de faire dans cette présente thèse. Nous nous sommes appuyés sur deux domaines de recherche : (1) les processus impliqués dans la production d'inférences et (2) la mémoire et l'émergence des connaissances, selon une approche incarnée de la cognition.

Dans le Chapitre 2, nous avons présenté le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b) décrivant le fonctionnement des processus impliqués dans la construction des inférences. Ce modèle partage les hypothèses prônées par l'approche BM (McKoon & Ratcliff, 1998; Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999), dont l'idée est que ces processus sont de nature mnésique. En plus de décrire le déroulement temporel de ces derniers, ce modèle présente l'avantage d'ajouter un processus de validation aux processus d'activation et d'intégration classiquement conceptualisés (e.g. modèle *Construction-Intégration*, Kintsch, 1988). En effet, les travaux de Richter démontrent que le lecteur évalue automatiquement la pertinence des informations mentionnées dans une phrase (e.g. Isberner & Richter, 2014) et que l'efficacité de ce processus est dépendant de la rapidité de disponibilité des informations en MDT (Richter et al., 2009). À la suite de la présentation des travaux portant sur le processus de validation et

le modèle RI-Val, nous avons développé l'idée que les difficultés de production d'inférences des FC pourraient être causées par une difficulté rencontrée au niveau de l'émergence des connaissances en mémoire.

Le Chapitre 3, quant à lui, présente l'approche incarnée de la cognition et les principaux postulats qui en découlent. Le point central de cette approche est que le corps et la simulation des états corporels, sont au centre de la cognition (e.g. Barsalou, 1999, 2008, 2016; Dijkstra & Post, 2015; Glenberg et al., 2013). La compréhension, comme toute activité mentale, est incarnée, impliquant que le lecteur simule la situation décrite par le texte pour en comprendre le sens (e.g. Glenberg & Kaschak, 2002; Madden & Zwaan, 2006; Stanfield & Zwaan, 2001; Taylor & Zwaan, 2009). Les représentations sensori-motrices sont ainsi impliquées dans la compréhension. Cependant, aucun modèle de compréhension n'explique comment ces représentations émergent. Le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014) présenté dans la suite du chapitre, décrit selon une approche incarnée, le fonctionnement de la mémoire, et plus précisément l'émergence des connaissances à l'aide des mécanismes d'intégration et d'activation intra- et inter-traces. Ce modèle présente ainsi l'avantage d'expliquer comment des connaissances sémantiques peuvent émerger à partir de traces mnésiques épisodiques. Sur la base de ces différents apports théoriques, nous avons développé l'hypothèse que les difficultés de compréhension des FC pourraient provenir de difficultés au niveau de l'émergence des connaissances, entravant la disponibilité des informations nécessaires à la production d'inférences en MDT.

Pour répondre à nos hypothèses, nous avons mené nos travaux selon deux axes, le premier portant spécifiquement sur l'évaluation de la pertinence des phrases. En effet, aucune étude ne s'est à ce jour intéressée au fonctionnement de ce processus auprès des FC. Notre hypothèse était que la vitesse d'enclenchement du processus de validation dépendrait du niveau de compréhension des lecteurs. Cette dernière s'appuie directement sur l'étude de Richter et al. (2009) montrant que le processus d'évaluation dépend de la rapidité de disponibilité des informations en mémoire, et sur les travaux de Weekes et al. (2008) et Nation et Snowling (1999) suggérant que les FC ont des compétences sémantiques moindres par rapport aux autres compreneurs. Les résultats obtenus dans les Études 1, 2A et 2B confirment notre hypothèse d'une rapidité de traitement différent en fonction du niveau de compréhension : le processus de validation des BC s'enclenche plus rapidement que celui des MC, qui lui-même est plus rapide que celui des FC, et ceci, lorsque les phrases sont

difficiles uniquement, c'est-à-dire contiennent des concepts peu reliés les uns aux autres. De plus, les résultats de l'Étude 2A, révèlent que les FC ont un processus de validation qui s'enclenche particulièrement tardivement par rapport aux autres compreneurs pour les phrases les plus difficiles (i.e. pour les phrases difficiles et fausses). Nous interprétons ces résultats en termes d'informations non disponibles en MDT lors du traitement de la pertinence de la phrase. En plus des apports spécifiques sur le fonctionnement des FC, cette série d'études montre qu'il existe un continuum entre les BC, les MC et les FC au niveau de la rapidité d'enclenchement du processus de validation.

Le second axe de recherche avait pour objectif d'évaluer plus précisément l'émergence des connaissances des FC. Pour ce faire, deux mécanismes ont été ciblés, d'un côté le mécanisme d'intégration (Études 3 et 4) et de l'autre la simulation mentale (Étude 5). Les résultats obtenus dans l'Étude 3 suggèrent que les FC n'intègrent pas les deux composants des stimuli présentés lors de la phase d'apprentissage, à l'inverse des BC. Ces données confirment ainsi l'idée que les FC auraient des difficultés au niveau du mécanisme d'intégration, central dans la construction et la réactivation des traces mnésiques des expériences passées (Versace et al., 2014). Cette difficulté d'intégration perturberait de surcroît l'émergence des connaissances, entravant les processus impliqués dans la production d'inférences. D'autre part, ces résultats nous permettent de proposer une interprétation alternative aux résultats de Nation et Snowling (1999), montrant que les FC seraient particulièrement peu sensibles aux liens sémantiques entre des concepts faiblement associés selon leur catégorie (e.g. Violon – Guitare). Cette catégorie d'association traduit des concepts qui ne sont que très rarement co-occurants dans la vie réelle, et donc peu expérimentés ensemble. Notre interprétation propose que les FC auraient besoin d'expérimenter plus souvent deux concepts ensemble pour que ces derniers soient intégrés. Néanmoins nos résultats n'ont pas pu être corroborés par l'Étude 4. En effet, la procédure, malgré notre adaptation de l'étude de Rey et al. (2015), s'est révélée, selon nous, trop coûteuse pour des adolescents.

Concernant la simulation mentale nous avons fait le choix de tester précisément la simulation motrice des FC. Ce choix, s'est appuyé sur les nombreux travaux montrant que la lecture de phrases entraîne l'activation des représentations motrices de la situation évoquée par le texte (Borreggine & Kaschak, 2006; de Vega et al., 2013; Glenberg & Kaschak, 2002; Kaschak et al., 2005; Taylor & Zwaan, 2008; Zwaan & Taylor, 2006). Ainsi,

le lecteur simule les mouvements décrits par le texte pour comprendre le sens du message. En nous appuyant sur les travaux de Dutriaux et Gyselinck, (2016) et Witt et al. (2010) nous avons testé la reconnaissance d'objets manipulables et non manipulables des FC, au cours de l'Étude 5. Ces études montrent que lorsque la main est occupée en tenant une balle ou en tenant ses mains croisées derrière le dos, les participants catégorisent plus lentement les objets manipulables. Ces données suggèrent que la simulation motrice n'est pas réalisée par les participants, leurs mains n'étant pas libres, les neurones impliqués dans la simulation sont déjà activés pour maintenir la balle ou la main dans le dos. Dans notre expérience, nous nous attendions à ce que seuls les BC et les MC présentent des effets d'interférence, liés à la balle dans la main, tel qu'observé chez les adultes. Cependant, la grève contre la réforme des retraites suivie par beaucoup d'enseignants du secondaire, ainsi que la crise sanitaire actuelle du COVID-19 nous a empêché de récolter un nombre suffisant de données. Néanmoins, les résultats préliminaires ne montrent aucun effet de la position de la main. Aussi, le nombre de participants étant insuffisant pour réaliser des analyses statistiques inférentielles, l'expérience sera conduite dès que la situation sanitaire nous le permettra, afin de récolter plus de données et de confirmer les premiers résultats obtenus. De plus, une version simplifiée de l'étude, sans les tâches d'induction, pourra être réalisée.

Pour résumer, l'ensemble de nos résultats suggèrent que les difficultés des FC à produire des inférences pourraient en partie, s'expliquer par des difficultés mnésiques, entravant l'émergence des connaissances. Cette difficulté a pour conséquence que les informations nécessaires au traitement de l'information ne sont pas disponibles en MDT, dans certaines situations, empêchant l'évaluation de la pertinence des phrases lues. En répercussion, une validation partielle voire une absence de validation peut avoir lieu, les FC continueraient à avancer dans le texte alors que les traitements sont encore en train d'opérer sur les phrases précédentes. Finalement, en croisant les approches théoriques, nous proposons une explication alternative des difficultés de lecture rencontrées par les FC adolescents, qui se veut être à la fois un nouvel apport théorique et une piste de réflexion sur des recherches à venir et des applications pratiques.

## 6.2. Contributions

### 6.2.1. Les difficultés de production d'inférences comme difficultés d'émergence des connaissances

De nombreuses études et hypothèses explicatives ont été construites afin d'expliquer les difficultés des FC, dont l'hypothèse d'une difficulté d'activation et d'accès aux informations nécessaires à la production d'inférences, avancée par Long et Chong (2001) et Smith et O'Brien (2016). Nous proposons une hypothèse explicative qui va plus loin en essayant de préciser (1) pourquoi cette difficulté d'accès entraîne des difficultés au niveau des processus impliqués dans la production d'inférences, et (2) comment l'émergence des connaissances des FC est perturbée. Le premier axe de notre travail permet de développer le premier point. Les difficultés de production d'inférences des FC pourraient s'expliquer, dans certains cas, par des informations non disponibles en mémoire au moment où les traitements opèrent. Cette absence de disponibilité entrave le fonctionnement des processus sous-tendant la production d'inférences. Dans ce cas, le lecteur continue d'avancer dans le texte alors que les traitements réalisés sur la portion précédente du texte se poursuivent.

L'approche BM (McKoon & Ratcliff, 1998; Myers & O'Brien, 1998; O'Brien & Myers, 1999) permet d'apporter des éléments de réponse théorique expliquant le lien entre une difficulté d'émergence des connaissances et une difficulté de production d'inférences. D'après cette approche, la production d'inférences dépend de la disponibilité des informations en mémoire, et ce quelle que soit la nature de l'inférence produite. Aussi, les inférences produites sont celles dont les informations sont facilement et rapidement disponibles en MDT. Le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b), qui découle directement de cette approche, décrit le fonctionnement et le déroulement temporel des processus impliqués dans l'élaboration des inférences. Pour rappel, trois processus permettent cette production, tous trois de nature mnésique et automatiques : l'activation, l'intégration et la validation. Dans un premier temps, les informations (préalables du texte comme les connaissances personnelles du lecteur) présentant des caractéristiques en commun avec les informations du texte en cours de traitement sont activées. Par la suite, ces informations sont intégrées en MDT et reliées aux informations en cours de traitement, autrement dit une inférence est générée. Enfin, la pertinence de l'inférence produite est évaluée en fonction des connaissances personnelles du lecteur et du contexte actuellement disponibles en mémoire au moment où l'évaluation a lieu. Sur la base de cette description, le lien entre les difficultés d'accès et les difficultés de production

d'inférences devient facile à conceptualiser. En effet, si un lecteur présente une difficulté au niveau de l'émergence de ses connaissances, ces-dernières ont une faible probabilité d'être réactivées, intégrées, et d'être disponibles pour une évaluation de la pertinence des informations du texte.

Toutefois, nos résultats suggèrent que ce retard dans l'enclenchement des processus est observé uniquement lorsque les phrases contiennent des concepts difficilement accessibles. Cette observation soulève ainsi la question de la manière dont l'émergence des connaissances est impactée auprès des FC. Le modèle RI-Val comme l'approche BM supportent l'idée que les processus impliqués dans la production d'inférences correspondent aux processus mnésiques engagés plus généralement dans toute activité cognitive. Les auteurs se sont tournés vers les modèles globaux de la mémoire (e.g. MINERVA II, Hintzman, 1986) comme étant ceux les plus à même de rendre compte du caractère automatique et passif de la récupération des informations en mémoire. Néanmoins, ils n'ont pas cherché à expliquer la manière dont les connaissances émergent. Le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014) permet d'apporter des éléments de réponses. Ce dernier découle directement des modèles globaux de la mémoire et décrit trois mécanismes impliqués dans l'émergence des connaissances : l'intégration et l'activation intra- et inter-traces. Ce modèle, inscrit dans une approche incarnée de la cognition, suppose que les expériences passées sont encodées sous formes de traces mnésiques en fonction des différentes modalités. Aussi, lorsqu'une expérience est vécue, les traces mnésiques ayant des composants en commun sont activées, puis intégrées avec les informations de la situation présente au sein d'une nouvelle trace mnésique.

Sur la base de cette conceptualisation, nous pouvons concevoir l'hypothèse que les FC auraient des difficultés au niveau de l'intégration des composants d'une trace en mémoire. Ces derniers auraient besoin de vivre davantage d'expériences où les composants sont co-présents pour être intégrés entre eux. Les résultats obtenus dans notre Étude 3 sont en faveur de cette hypothèse, en effet les FC n'ont pas intégré les deux propriétés présentées lors de la phase d'apprentissage (i.e., la forme géométrique et le bruit blanc), à l'inverse des BC. Cette difficulté au niveau du processus d'intégration explique pourquoi les FC auraient des difficultés seulement dans certaines situations où les informations sont plus difficilement accessibles. Une étude pourrait être menée en augmentant le nombre de présentations, lors

de la phase d'apprentissage, afin d'identifier le nombre d'essais nécessaire afin que les FC intègrent les deux propriétés.

Cette difficulté au niveau du processus d'intégration est compatible avec les données recueillies auprès des FC dans plusieurs études. Par exemple, dans deux études, Cain et Oakhill (2014; Oakhill et al., 2015) montrent que les FC présentent une étendue de vocabulaire intacte, mais des difficultés au niveau de la profondeur, correspondant à la richesse de représentation d'un mot. Cette difficulté peut être expliquée en termes d'intégration entre les composants des traces en mémoire. Nous supposons que les FC ont besoin de plus d'expériences où deux composants sont co-présents afin de les intégrer dans une trace mnésique. Ainsi, le nombre de traces mnésiques contenant les composants intégrés serait moins important. Or d'après le modèle Act-In, une connaissance sémantique émerge de la réactivation de multiples traces mnésiques par le mécanisme d'activation inter-composants. En conséquence, moins de traces mnésiques seraient réactivées chez les FC, expliquant leur représentation moins riche de certains concepts. De même, dans l'expérience de Nation et Snowling (1999), les auteurs mettent en évidence que les FC présentent des effets d'amorçage sémantique uniquement pour les paires de mots faiblement ou fortement reliés par leur fonction, ainsi que pour les paires de mots reliés par leur catégorie mais uniquement lorsque la force de relation est élevée. Ainsi, et contrairement aux BC, ils ne présentent pas d'effet d'amorçage pour les mots faiblement reliés selon leur catégorie (e.g. Avion – Train). Dans ce cas précis, la faiblesse d'intégration ne peut être remédiée par de multiples présentations des deux concepts. De même, dans leur Expérience 1, Nation et Snowling (1998) montrent que les FC commettent plus d'erreurs de jugement de synonymes, lorsque les paires de mots sont composées de mots peu imaginables. Cette interprétation peut également être appliquée aux études portant sur le vocabulaire. Par exemple, dans les études utilisant le monde de *Gan*, Barnes et ses collaborateurs se sont assurés que les enfants aient tous appris le vocabulaire spécifique à ce monde imaginaire (Barnes et al., 1996; Cain et al., 2001). Malgré cette précaution, les résultats révèlent que les FC produisent moins d'inférences que les BC, suggérant une fois de plus que la force d'association entre les connaissances semble plus faible chez les FC.

Enfin, une dernière hypothèse a été développée concernant la simulation. Un ensemble de travaux montrent que lors de la lecture de texte, le lecteur simule les représentations sensori-motrices décrites par le texte. Les difficultés d'accès aux connaissances des FC



pourraient ainsi provenir d'une simulation moindre. L'Étude 5 avait pour objectif de tester cette hypothèse, mais les résultats préliminaires ne nous permettent pas d'émettre une conclusion. Si les données supplémentaires, que nous récolterons dès que la situation sanitaire nous le permettra, confirment notre hypothèse, alors les difficultés des FC pourraient être envisagées en termes de simulation. En effet, si les FC présentent une simulation moindre des situations évoquées par le texte, ceci pourrait expliquer leur difficulté au niveau de la compréhension de textes. En conclusion, notre travail apporte un nouvel éclairage sur les difficultés de compréhension de textes des FC, qui interviendraient au niveau de mécanismes mnésiques non spécifiques à la lecture, plus spécifiquement au niveau du mécanisme d'intégration.

### **6.2.2. La production d'inférences selon une approche incarnée**

En plus de proposer une nouvelle manière d'envisager les difficultés de compréhension en termes d'émergence des connaissances, ce travail soulève la question du cadre théorique sur lequel s'appuyer afin d'expliquer les difficultés de compréhension. Il existe plusieurs modèles de la compréhension de textes, cependant aucun ne s'est particulièrement attaché à rendre compte des difficultés rencontrées par les FC. Face à cet écueil, nous avons fait le choix de nous tourner vers le modèle RI-Val (Cook & O'Brien, 2014, 2015; O'Brien & Cook, 2016a, 2016b). Ce modèle présente l'avantage de décrire le fonctionnement des processus impliqués dans la production d'inférences, et de considérer la validation comme un processus inhérent à cette production. De plus, même s'il ne propose pas de cause des difficultés de compréhension, il est possible d'en tirer des hypothèses explicatives : la première portant sur un seuil de cohérence trop bas, et la seconde sur une difficulté d'accès aux connaissances en mémoire. Ainsi, ce modèle permet d'apporter des éléments théoriques aux travaux réalisées dans le cadre de cette thèse.

En revanche, un des éléments qui peut être questionné, comme développée par Guéraud (2016), concerne son approche mnésique. En effet, les auteurs s'inscrivant dans l'approche BM postulent que les processus impliqués dans la production d'inférences sont de nature mnésique. Ils ont fait le choix de s'appuyer sur les modèles globaux de la mémoire, qui permettent d'appréhender au mieux les changements de disponibilité des informations en mémoire selon leur conception. Or, les processus étant supposés être de nature mnésique, la question du fonctionnement de la mémoire devient de fait une question centrale comme énoncé par de Vega (2015). À ce propos, il explique que les inférences seraient seulement

la conséquence d'un fonctionnement normal de notre système représentationnel au cours de la lecture, et non un produit spécifique de notre cognition. Il précise que « the more we know [the] representational system the better we will understand inferences » (p. 204). Il est donc important d'inclure la construction des représentations en mémoire dans les modèles décrivant la compréhension de textes. De Vega (2015) et Guéraud (2016) avancent que les conceptions mnésiques les mieux à même d'expliquer l'émergence des connaissances (elles-mêmes impliquées dans la construction d'une représentation du message induit par le texte), sont celles s'inscrivant dans une approche incarnée de la cognition. Le modèle RI-Val permet d'approfondir les hypothèses proposées par l'approche BM, mais les auteurs n'ont pas réinterrogé la conception mnésique choisie pour rendre compte du fonctionnement des processus impliqués dans la production d'inférences. Ainsi, presque 25 ans après le développement de l'approche BM, il est raisonnable d'interroger ce choix mnésique. Choisir une conception incarnée de la mémoire, comme nous le proposons, ne modifie pas fondamentalement les hypothèses principales du modèle portant sur les processus à l'origine de la production d'inférences, ni le fonctionnement de ces processus. Il permet cependant de repenser la nature des informations à l'origine de l'activation.

Afin d'expliquer l'émergence des connaissances, nous avons de ce fait choisi de nous appuyer sur le modèle Act-In (Versace et al., 2009, 2014). D'après ce modèle et plus largement d'après la cognition incarnée, les connaissances émergent de la réactivation des traces mnésiques de nos connaissances passées. Ces représentations étant épisodiques, sont codées en fonction de leurs caractéristiques sensori-motrices. Aussi, l'émergence d'une connaissance sémantique ne se fait pas seulement sur la base des mots et de la grammaire de la phrase, mais également à partir de nos caractéristiques corporelles, et donc d'informations sensori-motrices. D'après le modèle RI-Val, les chevauchements entre les propriétés sémantiques et contextuelles au niveau des traces mnésiques permettent une disponibilité rapide et facile des informations en MDT. Cependant, en ancrant notre réflexion dans une approche incarnée, il faudrait étendre les propriétés à l'origine de l'émergence des connaissances aux propriétés sensori-motrices des concepts. La disponibilité des informations serait initialement due aux propriétés sensori-motrices des connaissances. Les études utilisant le paradigme des incohérences avec l'exemple de Mary la végétarienne, sont un exemple parfait d'étude qui pourrait être repensée dans ce cadre théorique multiple que nous proposons (cf. la section 6.3 de cette discussion, pour un développement de la méthodologie future à adopter). Cette présente thèse rejoint l'idée que pour mieux

comprendre la production des inférences, il faut approfondir les connaissances sur l'émergence des représentations en mémoire, et ce en replaçant le corps au cœur de la cognition, comme prôné par l'approche incarnée de la cognition.

Une différence est à noter entre les deux modèles concernant l'intégration. Tous deux l'incorporent dans le fonctionnement de leur modèle, cependant l'intégration est conceptualisée différemment. Le modèle RI-Val a supposé l'intervention d'un processus d'intégration en le différenciant de celui décrit dans les modèles de compréhension de textes et particulièrement dans le modèle connexionniste *Construction-Integration* (Kintsch, 1988). D'après Kintsch, l'intégration prend place après stabilisation des différentes propositions activées par un mécanisme de convergence. Ce processus permet d'écarter les éléments non pertinents de la représentation de la situation évoquée par le texte. D'après RI-Val l'intégration est un processus qui s'appuie seulement sur les liens entre les chevauchements conceptuels et contextuels. Les auteurs développent l'idée de « goodness of fit ». Ainsi, pour eux, tous les éléments ayant reçu suffisamment d'activation sont intégrés indépendamment de leur pertinence. C'est pourquoi les auteurs incorporent un processus de validation afin d'évaluer la pertinence des liens créés. Concernant Act-In, le mécanisme d'intégration a été conceptualisé similairement au *feature-integration* de Treisman et Gelade (1980). L'intégration est un mécanisme dynamique, progressif et non-linéaire. Les composants sont considérés comme intégrés lorsque « the addition of elementary components results in a new entity in which the elementary components are no longer differentiated » (Versace et al., 2009, p. 532). L'intégration est alors un mécanisme qui a besoin de temps pour opérer et qui amène ainsi à considérer les différents composants comme une nouvelle entité cohérente. Le mécanisme d'intégration comme pensé par Versace et ses collaborateurs se rapproche de la vision de Kintsch, selon laquelle la validation n'est pas une étape nécessaire car la cohérence des éléments intégrés se fait au cours de l'intégration. L'articulation de ces deux modèles reste ainsi à approfondir.

### **6.2.3. Le développement de la production d'inférences**

Le dernier apport de ce travail concerne son aspect développemental. Cet aspect n'était pas au cœur de notre réflexion, mais les données récoltées apportent des éléments nous permettant d'aller vers cette direction également. La population des adolescents est faiblement étudiée à ce jour. Comme pour les études réalisées sur les enfants, l'accès à cette population est compliqué, du fait du peu d'établissements scolaires acceptant des

interventions au sein de leurs locaux, et ce car les démarches administratives et organisationnelles sont souvent lourdes et chronophages. De plus, et similairement aux participants plus jeunes, les adolescents présentent une variabilité importante au niveau de leurs capacités cognitives, se traduisant par des différences intra- et inter-individuelles importantes dans les résultats, et renforçant les difficultés de généralisation. En conséquent, beaucoup de participants n'ont pas réalisé les tâches jusqu'au bout, ou correctement, nous obligeant à les exclure de nos analyses. Bien que nous ayons essayé de rendre les études les plus courtes et attrayantes que possibles, certains participants n'ont pas joué le jeu, allant parfois jusqu'à perturber le bon déroulement de l'étude pour leurs camarades. Néanmoins, cette population est une cible privilégiée à étudier d'un point de vue développemental, d'une part du fait de manque de données. En effet, la majorité des études portent sur les enfants plus jeunes ou chez l'adulte. D'autre part, d'un point de vue développemental cela permettrait d'expliquer la transition entre les capacités des enfants et celle des adultes. Il est donc primordial de continuer les travaux de recherche auprès de cette population.

Nos travaux permettent néanmoins de proposer une explication au développement de la capacité à produire des inférences avec l'âge (Barnes et al., 1996). Les processus impliqués dans la production d'inférences dépendent de la rapidité de disponibilité des informations en mémoire. Or, cette disponibilité est elle-même dépendante des expériences sensori-motrices passées. De ce fait, une personne adulte accédera plus rapidement aux connaissances que les adolescents, de par sa richesse d'expériences sensori-motrices plus poussée. Cette idée peut être illustrée facilement en prenant l'exemple d'un marteau. Un adulte aura plus d'expérience avec cet outil qu'un adolescent, les travaux quotidiens (e.g. bricolage) étant plus souvent réalisés par les adultes ; dès lors, les adolescents présentent moins de situations vécues dans lesquelles cet outil a été manipulé. Ainsi, les adultes auront davantage de traces mnésiques concernant le marteau qu'un adolescent. Cette quantité plus abondante de traces, entraînera une émergence plus rapide des connaissances associées à cet objet. De ce fait, les différences observées au cours du développement au niveau de la production d'inférences ne seraient pas liées au développement des processus impliqués dans cette production, mais plutôt liées aux expériences vécues par l'individu.

Cette idée rejoint l'étude réalisée par Inkster et al. (2016) où les auteurs ont construit et utilisé un *child-BOI* afin de tester les enfants. En effet, l'étude précédente de Wellsby et Pexman (2014) met en évidence que l'effet BOI est visible auprès d'enfants âgés de 8-9 ans

uniquement, mais pas pour des enfants âgés de 6-7 ans. Or Inkster et al. (2016) avancent l'idée que cette absence d'effet pourrait être expliquée par des différences dans les interactions qu'un individu a avec les objets de son environnement au cours de la vie. Dit autrement, pour un même objet, l'indice BOI pourrait varier en fonction de l'âge des participants. Afin d'y remédier les auteurs ont adapté les mots, en prenant en considération les interactions qu'ont les enfants avec leur environnement. Les résultats confirment bien l'existence d'un effet BOI chez les plus jeunes enfants, lorsque les mots utilisés sont adaptés à leurs expériences. De plus, les auteurs ont utilisé le même matériel auprès d'adultes, et ont observé des effets plafond, suggérant que la représentation des concepts évolue au cours de la vie, avec les expériences. Il serait ainsi intéressant de tester ceci auprès d'adolescents afin de voir si des résultats similaires sont obtenus.

Un dernier apport de notre travail réside dans le fait que nous envisageons un continuum entre les BC, les MC et les FC. Cette conception se retrouve dans les données de notre Étude 1, où le processus de validation des FC s'enclenche plus lentement que celui des MC, qui est lui-même enclenché avec un retard par rapport à celui des BC. D'après notre conception de l'élaboration des inférences, ces données suggèrent que le niveau de compréhension est dépendant de la rapidité avec laquelle les informations deviennent disponibles en mémoire. Bien qu'une différence ait été observée entre les MC et les BC, nous ne supposons pas que les MC présentent des difficultés spécifiques de compréhension. Ces différences observées pourraient s'expliquer par un nombre moins important d'expériences vécues de la part des MC. Ainsi, ce profil se différencierait bien des FC, qui présenteraient une difficulté d'émergence des connaissances malgré un nombre similaire d'expériences vécues. Actuellement il n'existe pas de test ni de critères permettant de détecter les FC. Aussi, parmi l'ensemble des personnes détectées comme ayant un niveau faible de compréhension, certaines pourraient présenter un simple décalage dans le développement des compétences impliquées dans l'émergence des connaissances, et non pas une difficulté spécifique qui se maintiendrait à l'âge adulte. Les rapports fournis par le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports révèlent qu'un taux important d'adolescents présentent des difficultés de compréhension. La capacité à détecter des élèves présentant un retard dans le développement par rapport à ceux présentant de véritables difficultés de compréhension est donc primordial afin de mieux comprendre ces chiffres, mais également pour mieux accompagner et aider ces jeunes.

### 6.3. Limites et futures recherches

Le travail que nous avons mené soulève plusieurs limites. La première, non spécifique à notre recherche, est l'absence de test permettant de détecter précisément les FC. Comme mis en évidence dans le Chapitre 1, il existe plusieurs travaux identifiant différentes difficultés des FC, empêchant l'élaboration d'un profil précis. Dans la majorité des études des critères communs sont utilisés pour sélectionner les FC. Le premier critère commun à toutes les études est la capacité des FC à répondre à des questions de compréhension demandant la production d'inférences. À notre connaissance, le seul test permettant de mesurer la compréhension en discriminant la compréhension littérale de la compréhension inférentielle pour les adolescents et en français est le subtest *Compréhension* de la batterie Emilie (Duchêne, 2010). C'est pourquoi notre choix s'est tourné vers ce dernier malgré l'absence d'étalonnage. Ainsi, nous avons sélectionné nos participants en fonction des quartiles, en identifiant les FC comme étant le quart des participants ayant le niveau de compréhension le plus bas. Un second critère se retrouve dans plusieurs études, à savoir le niveau de vocabulaire. Cain et Oakhill (2014; Oakhill et al., 2015) précisent que seule la profondeur de vocabulaire est déficitaire chez les FC. Les auteurs expliquent qu'il n'existe actuellement pas de test permettant de mesurer spécifiquement cette dimension du vocabulaire. Par exemple, les auteurs ont utilisé dans leurs études les subtests *Vocabulaire* et *Similitudes* du WISC-III (Weschler, 1992), alors que ces tests n'ont pas été construits pour mesurer précisément la profondeur du vocabulaire, mais plutôt un niveau global du vocabulaire. Nous avons donc fait le choix de mesurer cette dimension par la production et le jugement de synonymes et d'hyperonymes, tâches proposées par Cain et Oakhill dans leurs études. Or les résultats ne sont pas similaires entre nos Études 1 et 2 : les FC se distinguent des BC uniquement sur la tâche de production d'hyperonymes pour l'Étude 1, alors qu'ils se distinguent sur les tâches de production d'un thème général et de synonymes pour l'Étude 2. Le développement de tests permettant une mesure plus précise des capacités de compréhension et de la profondeur de vocabulaire sont nécessaires et pourront faire l'objet de futures recherches. À plus long terme, cela permettra d'aider à l'identification des FC et plus généralement d'identifier les autres catégories de lecteurs.

Une deuxième limite soulevée par notre travail, concerne l'absence de conclusion pour les Études 4 et 5. Concernant l'Étude 4, les données récoltées suggèrent que le matériel n'était pas adapté à la population étudiée, probablement en raison d'une demande attentionnelle sur la durée trop importante pour les adolescents. Afin de tester cette

hypothèse d'une difficulté au niveau de l'intégration de deux composants, nous pourrions soit modifier la procédure, afin de la rendre moins répétitive et monotone, soit reproduire cette étude auprès d'adultes BC et FC, comme pour l'étude originale de Rey et al. (2015). D'une manière générale, la reproduction de nos études auprès d'adultes selon leur niveau de compréhension nous permettra (1) de confirmer nos hypothèses et (2) d'ancrer nos réflexions dans une perspective développementale avec une approche « life-span ». Quant à l'Étude 5, la situation sanitaire ne nous permet pas pour le moment de continuer à récolter des données afin de mener à bien la fin de nos travaux et de réaliser des analyses statistiques inférentielles. Il est ainsi prévu de continuer le recueil de données afin de terminer cette étude. D'autres études évaluant la simulation mentale seront également envisagées afin de confirmer nos hypothèses. Notre idée étant que les difficultés des FC ne sont pas spécifiques à la compréhension, d'autres études utilisant des paradigmes testant les capacités de la mémoire, sans lecture, comme nos Études 3, 4 et 5 pourront être envisagées pour tester cette hypothèse.

Nous avons présenté l'absence d'un cadre théorique explicatif des difficultés de compréhension. Le modèle RI-Val, même s'il présente l'avantage de décrire le fonctionnement des processus impliqués dans la compréhension de textes, reste ancré dans une approche mnésique ne prenant pas en compte les résultats des nombreuses recherches réalisées dans une approche incarnée au cours des deux dernières décennies. Nous avons donc fait le choix, d'expliquer ces difficultés selon une approche incarnée. Ce changement de perspective implique que la probabilité que les informations soient disponibles en mémoire serait due aux chevauchements sensori-moteurs entre les concepts. Comme expliqué par de Vega (2015) « the combination of sensory-motor traces into high-order representations would be constrained not only by words and grammar, but also by our body functional features. » (p. 205-206). Aussi, il pourrait être pertinent de reprendre les études utilisant le paradigme des incohérences, par exemple les études utilisant Mary la végétarienne (Albrecht & O'Brien, 1993; Cook & O'Brien, 2014; Smith & O'Brien, 2016), en manipulant non pas les chevauchements sémantiques mais les chevauchements sensori-moteurs. Une possibilité serait d'utiliser des mots dont le BOI varie. Plusieurs travaux révèlent des avantages au niveau des processus langagiers pour les mots à fort BOI (Hansen et al., 2012; Hargreaves et al., 2012; Phillips et al., 2012; Siakaluk, Pexman, Aguilera, et al., 2008; Siakaluk, Pexman, Sears, et al., 2008; Tillotson et al., 2008; Tousignant & Pexman, 2012; Van Havermaet & Wurm, 2014; Xue et al., 2015; Yap et al., 2012). Il est donc facilement envisageable de supposer que ces mots entraîneraient une disponibilité plus

rapide des concepts, influençant les processus sous-tendant la production d'inférences. Par exemple, dans l'étude de Cook et O'Brien (2014), présentée dans le Chapitre 2, les auteurs observent des effets précoces liés à l'incohérence lorsque les participants lisent la phrase « *Mary decided to order au chesseburger* » et des effets tardifs lorsque la phrase cible est « *Mary decided to order a tuna salad* », toutes deux incohérentes avec le fait que Mary soit végétarienne. Aussi, des effets similaires pourraient être observés en fonction des chevauchements sensori-moteurs des mots, et donc de leur BOI. Les participants devraient identifier immédiatement l'incohérence lorsque les mots présentent un BOI fort, et inversement pour les mots avec un BOI faible.

Enfin, une dernière série d'expériences pourraient être réalisée auprès des MC. Et plus précisément dans l'objectif de comprendre en quoi ils se différencient des BC. En effet, afin de mieux identifier les difficultés des FC, nous avons écarté ces participants des Étude 3 et 4. Or ce profil serait intéressant à étudier dans la mesure où il représente, selon nos critères de sélection (i.e. 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles), la moitié des participants. Approfondir les connaissances sur les MC pourrait ainsi apporter des éléments de réflexion afin d'aider au développement des compétences impliquées dans la compréhension. Dans l'introduction, nous avons développé le fait que la compréhension est l'une des priorités au niveau des programmes scolaires (Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2020). Cette priorité vient du constat qu'un nombre important d'élèves présente un niveau faible en compréhension. Toutefois, comprendre les messages induits par les textes est primordial dans notre société, autant sur le plan personnel que professionnel.

En conclusion, il reste encore beaucoup à apprendre sur la manière dont nous sommes capables de comprendre ce que nous lisons. Les recherches dans le champ de la compréhension de textes méritent d'être poursuivies, en approfondissant l'articulation entre l'émergence des connaissances et des processus cognitifs impliqués dans une telle activité d'une part, et en s'attachant à rendre compte des difficultés que peuvent rencontrer les lecteurs lors du traitement d'un texte d'autre part. Car outre son intérêt scientifique, favoriser le développement des habilités de compréhension chez tous les lecteurs constitue un enjeu sociétal important.



## REFERENCES

- Albrecht, J. E., & Myers, J. L. (1995). Role of context in accessing distant information during reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(6), 1459-1468. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.21.6.1459>
- Albrecht, J. E., & Myers, J. L. (1998). Accessing distant text information during reading: Effects of contextual cues. *Discourse Processes*, 26(2-3), 87-107. <https://doi.org/10.1080/01638539809545040>
- Albrecht, J. E., & O'Brien, E. J. (1991). Effects of centrality on retrieval of text-based concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(5), 932-939. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.17.5.932>
- Albrecht, J. E., & O'Brien, E. J. (1993). Updating a mental model: Maintaining both local and global coherence. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(5), 1061-1070. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.5.1061>
- Aziz-Zadeh, L., & Damasio, A. (2008). Embodied semantics for actions: Findings from functional brain imaging. *Journal of Physiology-Paris*, 102(1-3), 35-39. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.012>
- Aziz-Zadeh, L., Wilson, S. M., Rizzolatti, G., & Iacoboni, M. (2006). Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Current Biology*, 16(18), 1818-1823. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.07.060>
- Barnes, M. A., Dennis, M., & Haefele-Kalvaitis, J. (1996). The effects of knowledge availability and elaborative inferencing in the children from six to fifteen years of age. *Journal of Experimental Child Psychology*, 61(3), 216-241. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.0015>

- Barrós-Loscertales, A., González, J., Pulvermüller, F., Ventura-Campos, N., Bustamante, J. C., Costumero, V., Parcet, M. A., & Ávila, C. (2012). Reading salt activates gustatory brain regions: fMRI evidence for semantic grounding in a novel sensory modality. *Cerebral Cortex*, 22(11), 2554-2563. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr324>
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 577-660.
- Barsalou, L. W. (2003). Situated simulation in the human conceptual system. *Language and Cognitive Processes*, 18(5-6), 513-562. <https://doi.org/10.1080/01690960344000026>
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- Barsalou, L. W. (2010). Grounded cognition: Past, present, and future. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 716-724. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2010.01115.x>
- Barsalou, L. W. (2016). Situated conceptualization: Theory and application. In Y. Coello & M. H. Fischer (Éds.), *Foundations of embodied cognition* (p. 11-37). Psychology Press.
- Barsalou, L. W., Santos, A., Simmon, W. K., & Wilson, C. D. (2008). Language and simulation in conceptual processing. In M. De Vega, A. Glenberg, & A. Graesser (Éds.), *Symbols, embodiment, and meaning* (p. 245-283). Oxford University Press.
- Barsalou, L. W., & Wiemer-Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. In D. Pecher & R. A. Zwaan (Éds.), *Grounding Cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought* (p. 129-163). Cambridge University Press.
- Blanc, N., & Brouillet, P. (2003). *Mémoire et compréhension : Lire pour comprendre*. Editions InPress.
- Bloom, C. P., Fletcher, C. R., Van Den Broek, P., Reitz, L., & Shapiro, B. P. (1990). An on-line assessment of causal reasoning during comprehension. *Memory & Cognition*, 18(1), 65-71. <https://doi.org/10.3758/BF03202647>

- Bock, R. D., & Jones, L. V. (1968). *The measurement and prediction of judgment and choice*. Holden-Day.
- Borreggine, K. L., & Kaschak, M. P. (2006). The action-sentence compatibility effect: It's all in the timing. *Cognitive Science*, 30(6), 1097-1112. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog0000\\_91](https://doi.org/10.1207/s15516709cog0000_91)
- Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermuller, F. (2009). Grasping ideas with the motor system: Semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cerebral Cortex*, 19(8), 1905-1914. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn217>
- Boulenger, V., Shtyrov, Y., & Pulvermüller, F. (2012). When do you grasp the idea? MEG evidence for instantaneous idiom understanding. *NeuroImage*, 59(4), 3502-3513. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.011>
- Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (2005). *The science of false memory*. Oxford University Press.
- Brunel, L., Goldstone, R. L., Vallet, G., Riou, B., & Versace, R. (2013). When seeing a dog activates the bark: Multisensory generalization and distinctiveness effects. *Experimental Psychology*, 60(2), 100-112. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000176>
- Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009). The sensory nature of episodic memory: Sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(4), 1081-1088. <https://doi.org/10.1037/a0015537>
- Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge: Sensory priming effects in semantic categorization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(5), 955-964. <https://doi.org/10.1080/17470210903134369>
- Bub, D. N., & Masson, M. E. J. (2010). Grasping beer mugs: On the dynamics of alignment effects induced by handled objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(2), 341-358. <https://doi.org/10.1037/a0017606>

- Cain, K. (1999). Ways of reading: How knowledge and use of strategies are related to reading comprehension. *British Journal of Developmental Psychology*, *17*(2), 293-309.  
<https://doi.org/10.1348/026151099165285>
- Cain, K. (2003). Text comprehension and its relation to coherence and cohesion in children's fictional narratives. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*(3), 335-351.  
<https://doi.org/10.1348/026151003322277739>
- Cain, K. (2006a). Children's reading comprehension: The role of working memory in normal and impaired development. In S. Pickering (Éd.), *Working memory and education* (p. 62-91). Academic Press.
- Cain, K. (2006b). Individual differences in children's memory and reading comprehension: An investigation of semantic and inhibitory deficits. *Memory*, *14*(5), 553-569.  
<https://doi.org/10.1080/09658210600624481>
- Cain, K., & Oakhill, J. (1996). The nature of the relationship between comprehension skill and the ability to tell a story. *British Journal of Developmental Psychology*, *14*(2), 187-201.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1996.tb00701.x>
- Cain, K., & Oakhill, J. V. (1999). Interference making ability and its relation to comprehension failure in young children. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *11*(5-6), 489-503. <https://doi.org/10.1023/A:1008084120205>
- Cain, K., & Oakhill, J. V. (2014). Reading comprehension and vocabulary: Is vocabulary more important for some aspects of comprehension? *L'Année Psychologique*, *114*(04), 647-662. <https://doi.org/10.4074/S0003503314004035>
- Cain, K., Oakhill, J. V., Barnes, M. A., & Bryant, P. E. (2001). Comprehension skill, inference-making ability, and their relation to knowledge. *Memory & Cognition*, *29*(6), 850-859.  
<https://doi.org/10.3758/BF03196414>

- Cain, K., Oakhill, J. V., & Bryant, P. (2000). Phonological skills and comprehension failure: A test of the phonological processing deficit hypothesis. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *13*, 31-56. <https://doi.org/10.1023/A:1008051414854>
- Cain, K., Oakhill, J. V., & Elbro, C. (2003). The ability to learn new word meanings from context by school-age children with and without language comprehension difficulties. *Journal of Child Language*, *30*(3), 681-694. <https://doi.org/10.1017/S0305000903005713>
- Cain, K., Oakhill, J. V., & Lemmon, K. (2004). Individual differences in the inference of word meanings from context: The influence of reading comprehension, vocabulary knowledge, and memory capacity. *Journal of Educational Psychology*, *96*(4), 671-681. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.671>
- Camus, T., Brouillet, D., & Brunel, L. (2016). Assessing the functional role of motor response during the integration process. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *42*(11), 1693-1702. <https://doi.org/10.1037/xhp0000237>
- Capirci, O., Contaldo, A., Caselli, M. C., & Volterra, V. (2007). From action to language through gesture: A longitudinal perspective. In K. Liebal, C. Müller, & S. Pika (Éds.), *Benjamins Current Topics* (Vol. 10, p. 139-159). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/bct.10.12cap>
- Carlson, S. E., van den Broek, P., McMaster, K., Rapp, D. N., Bohn-Gettler, C. M., Kendeou, P., & White, M. J. (2014). Effects of comprehension skill on inference generation during reading. *International Journal of Disability, Development and Education*, *61*(3), 258-274. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2014.934004>
- Carretti, B., Borella, E., Cornoldi, C., & De Beni, R. (2009). Role of working memory in explaining the performance of individuals with specific reading comprehension

- difficulties: A meta-analysis. *Learning and Individual Differences*, 19(2), 246-251.  
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.10.002>
- Casasanto, D., & Dijkstra, K. (2010). Motor action and emotional memory. *Cognition*, 115(1), 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.11.002>
- Casteel, M. A. (1993). Effects of inference necessity and reading goal on children's inferential generation. *Developmental Psychology*, 29(2), 346-357. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.29.2.346>
- Catts, H. W., Adlof, S. M., & Weismer, S. E. (2006). Language deficits in poor comprehenders: A case for the simple view of reading. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49(2), 278-293. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/023\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/023))
- Chabanon, L., Durand de Monestrol, H., & Verlet, I. (2019). *PISA 2018 : Stabilité des résultats en compréhension de l'écrit* (Note d'information 19.49; p. 1-4). DEPP-B2. <https://www.education.gouv.fr/pisa-2018-stabilite-des-resultats-en-comprehension-de-l-ecrit-10976>
- Cisek, P. (2007). Cortical mechanisms of action selection: The affordance competition hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1485), 1585-1599. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2054>
- Colenbrander, D., Kohnen, S., Smith-Lock, K., & Nickels, L. (2016). Individual differences in the vocabulary skills of children with poor reading comprehension. *Learning and Individual Differences*, 50, 210-220. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.021>
- Connell, L., & Keane, M. T. (2006). A Model of Plausibility. *Cognitive Science*, 30(1), 95-120. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog0000\\_53](https://doi.org/10.1207/s15516709cog0000_53)
- Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 354-373. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.123.4.354>

- Conway, A. R. A., Tuholski, S. W., Shisler, R. J., & Engle, R. W. (1999). The effect of memory load on negative priming: An individual differences investigation. *Memory & Cognition*, 27(6), 1042-1050. <https://doi.org/10.3758/BF03201233>
- Cook, A. E., Halleran, J. G., & O'Brien, E. J. (1998). What is readily available during reading? A memory-based view of text processing. *Discourse Processes*, 26(2-3), 109-129. <https://doi.org/10.1080/01638539809545041>
- Cook, A. E., Lassonde, K. A., Splinter, A. F., Guéraud, S., Stiegler-Balfour, J. J., & O'Brien, E. J. (2014). The role of relevance in activation and instantiation of predictive inferences. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(2), 244-257. <https://doi.org/10.1080/01690965.2012.748926>
- Cook, A. E., Limber, J. E., & O'Brien, E. J. (2001). Situation-based context and the availability of predictive inferences. *Journal of Memory and Language*, 44(2), 220-234. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2744>
- Cook, A. E., & O'Brien, E. J. (2014). Knowledge activation, integration, and validation during narrative text comprehension. *Discourse Processes*, 51(1-2), 26-49. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2013.855107>
- Cook, A. E., & O'Brien, E. J. (2015). Passive activation and instantiation of inferences during reading. In E. J. O'Brien, A. E. Cook, & R. F. Lorch (Éds.), *Inferences during reading* (p. 19-41). Cambridge University Press.
- Corbett, A. T., & Doshier, B. A. (1978). Instrument inferences in sentence encoding. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17(4), 479-491. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(78\)90292-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(78)90292-X)
- Cree, G. S., & McRae, K. (2003). Analyzing the factors underlying the structure and computation of the meaning of chipmunk, cherry, chisel, cheese, and cello (and many

- other such concrete nouns). *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(2), 163-201. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.2.163>
- Creer, S. D., Cook, A. E., & O'Brien, E. J. (2018). Competing activation during fantasy text comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 22(4), 308-320. <https://doi.org/10.1080/10888438.2018.1444043>
- Currie, N. K., & Cain, K. (2015). Children's inference generation: The role of vocabulary and working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 137, 57-75. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.03.005>
- Damasio, A. R., & Damasio, H. (1994). Cortical systems for retrieval of concrete knowledge: The convergence zone framework. In C. Koch & J. L. Davis (Éds.), *Large-scale neuronal theories of the brain* (p. 61-74). MIT Press.
- De Beni, R., & Palladino, P. (2000). Intrusion errors in working memory tasks: Are they related to reading comprehension ability? *Learning and Individual Differences*, 12(2), 131-143. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(01\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(01)00033-4)
- De Beni, R., Palladino, P., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1998). Increases in intrusion errors and working memory deficit of poor comprehenders. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 51(2), 305-320. <https://doi.org/10.1080/713755761>
- Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 17-22. <https://doi.org/10.1037/h0046671>
- Desai, R. H., Binder, J. R., Conant, L. L., & Seidenberg, M. S. (2010). Activation of sensory-motor areas in sentence comprehension. *Cerebral Cortex*, 20(2), 468-478. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp115>



- de Vega, M. (2015). Toward an embodied approach to inferences in comprehension: The case of action language. In E. J. O'Brien, A. E. Cook, & R. F. Lorch (Éds.), *Inferences during reading* (p. 182-209). Cambridge University Press.
- de Vega, M., Moreno, V., & Castillo, D. (2013). The comprehension of action-related sentences may cause interference rather than facilitation on matching actions. *Psychological Research*, 77(1), 20-30. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0356-1>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dijkstra, K., Kaschak, M. P., & Zwaan, R. A. (2007). Body posture facilitates retrieval of autobiographical memories. *Cognition*, 102(1), 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.12.009>
- Dijkstra, K., & Post, L. (2015). Mechanisms of embodiment. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01525>
- Dixon, J. A., Kelty-Stephen, D. G., & Anastas, J. (2014). The embodied dynamics of problem solving: New structure from multiscale interactions. In L. Shapiro (Éd.), *The routledge handbook of embodied cognition* (p. 160-170). Taylor & Francis Books.
- Dopkins, S., Klin, C., & Myers, J. L. (1993). Accessibility of information about goals during the processing of narrative texts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(1), 70-80. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.1.70>
- Dosher, B. A., & Corbett, A. T. (1982). Instrument inferences and verb schemata. *Memory & Cognition*, 10(6), 531-539. <https://doi.org/10.3758/BF03202435>
- Duchêne, M. (2010). *Protocole Emilie : Evaluation de la compréhension de textes chez les collégiens*. Ortho Editions.

- Duffy, S. A., & Rayner, K. (1990). Eye movements and anaphor resolution: Effects of antecedent typicality and distance. *Language and Speech*, 33(2), 103-119. <https://doi.org/10.1177/002383099003300201>
- Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016). Learning is better with the hands free: The role of posture in the memory of manipulable objects. *PLOS ONE*, 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159108>
- Ecalte, J., & Magnan, A. (2010). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés*. Dunod.
- Eme, E., & Rouet, J.-F. (2001). Les connaissances métacognitives en lecture-compréhension chez l'enfant et l'adulte. *Enfance*, 53(4), 309-328. <https://doi.org/10.3917/enf.534.0309>
- Engelen, J. A. A., Bouwmeester, S., de Bruin, A. B. H., & Zwaan, R. A. (2011). Perceptual simulation in developing language comprehension. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(4), 659-675. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.06.009>
- Ferretti, T. R., Singer, M., & Patterson, C. (2008). Electrophysiological evidence for the time-course of verifying text ideas. *Cognition*, 108(3), 881-888. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.06.002>
- Fletcher, C. R., & Bloom, C. P. (1988). Causal reasoning in the comprehension of simple narrative texts. *Journal of Memory and Language*, 27(3), 235-244. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90052-6)
- Floyd, R. G., Bergeron, R., & Alfonso, V. C. (2006). Cattell–Horn–Carroll cognitive ability profiles of poor comprehenders. *Reading and Writing*, 19(5), 427-456. <https://doi.org/10.1007/s11145-006-9002-5>
- Fodor, J. A. (1986). *La modularité de l'esprit* (A. Gerschenfeld, Trad.). Editions de Minuit.
- Gainotti, G. (2006). Anatomical functional and cognitive determinants of semantic memory disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(5), 577-594. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.11.001>

- Gainotti, G., Silveri, M. C., Daniel, A., & Giustolisi, L. (1995). Neuroanatomical correlates of category-specific semantic disorders: A critical survey. *Memory*, 3(3-4), 247-263. <https://doi.org/10.1080/09658219508253153>
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The Brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 455-479. <https://doi.org/10.1080/02643290442000310>
- Gallese, V., & Sinigaglia, C. (2011). What is so special about embodied simulation? *Trends in Cognitive Sciences*, 15(11), 512-519. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.09.003>
- Georgiou, G., K., & Das, J., P. (2015). University students with poor reading comprehension: The hidden cognitive processing deficit. *Journal of Learning Disabilities*, 48(5), 535-545. <https://doi.org/10.1177/0022219413513924>
- Gernsbacher, M. A. (1990). *Language comprehension as structure building*. Erlbaum.
- Gibson, E. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.
- Gilbert, D. T. (1991). How mental systems believe. *American Psychologist*, 46, 107-119. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.46.2.107>
- Gillund, G., & Shiffrin, R. M. (1984). A retrieval model for both recognition and recall. *Psychological Review*, 91(1), 1-67. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.91.1.1>
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for: Creating meaning in the service of action. *Behavioral and Brain Sciences*, 20(1), 1-55. <https://doi.org/10.1017/S0140525X97470012>
- Glenberg, A. M. (2015). Few believe the world is flat: How embodiment is changing the scientific understanding of cognition. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 69(2), 165-171. <https://doi.org/10.1037/cep0000056>

- Glenberg, A. M., & Gallese, V. (2012). Action-based language: A theory of language acquisition, comprehension, and production. *Cortex*, 48(7), 905-922. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.04.010>
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 558-565. <https://doi.org/10.3758/BF03196313>
- Glenberg, A. M., Witt, J. K., & Metcalfe, J. (2013). From the revolution to embodiment: 25 years of cognitive psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 8(5), 573-585. <https://doi.org/10.1177/1745691613498098>
- González, J., Barros-Loscertales, A., Pulvermüller, F., Meseguer, V., Sanjuán, A., Belloch, V., & Ávila, C. (2006). Reading cinnamon activates olfactory brain regions. *NeuroImage*, 32(2), 906-912. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.03.037>
- Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, reading, and reading disability. *Remedial and Special Education*, 7(1), 6-10. <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>
- Graesser, A. C., Singer, M., & Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 101(3), 371-395. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.3.371>
- Guéraud, S. (2016). *Inférence e(s)t mémoire (?) : Eclairages des travaux en compréhension de textes* [Document de synthèse en vue de l'Habilitation à Diriger des Recherches]. Université Paris 8.
- Guéraud, S., Harmon, M. E., & Peracchi, K. A. (2005). Updating situation models: The memory-based contribution. *Discourse Processes*, 39(2-3), 243-263. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2005.9651682>
- Guéraud, S., Tapiero, I., & O'Brien, E. J. (2008). Context and the activation of predictive inferences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(2), 351-356. <https://doi.org/10.3758/PBR.15.2.351>

- Guéraud, S., Walsh, E. K., Cook, A. E., & O'Brien, E. J. (2018). Validating information during reading: The effect of recency: Validation during reading. *Journal of Research in Reading, 41*, S85-S101. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12244>
- Guilford, J. P. (1954). *Psychometric methods* (2nd Ed.). McGraw-Hill.
- Hansen, D., Siakaluk, P. D., & Pexman, P. M. (2012). The influence of print exposure on the body-object interaction effect in visual word recognition. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00113>
- Hargreaves, I. S., Leonard, G. A., Pexman, P. M., Pittman, D. J., Siakaluk, P. D., & Goodyear, B. G. (2012). The neural correlates of the body-object interaction effect in semantic processing. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00022>
- Harmon-Vukić, M., Guéraud, S., Lassonde, K. A., & O'Brien, E. J. (2009). The activation and instantiation of instrumental inferences. *Discourse Processes, 46*(5), 467-490. <https://doi.org/10.1080/01638530902959661>
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron, 41*(2), 301-307. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00838-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00838-9)
- Hebb, D. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological approach*. Wiley.
- Henderson, L., Snowling, M., & Clarke, P. (2013). Accessing, integrating, and inhibiting word meaning in poor comprehenders. *Scientific Studies of Reading, 17*(3), 177-198. <https://doi.org/10.1080/10888438.2011.652721>
- Hintzman, D. L. (1986). « Schema abstraction » in a multiple-trace memory model. *Psychological Review, 93*(4), 411-428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.93.4.411>

- Hoeben Mannaert, L. N., Dijkstra, K., & Zwaan, R. A. (2019). How are mental simulations updated across sentences? *Memory & Cognition*, 47(6), 1201-1214. <https://doi.org/10.3758/s13421-019-00928-2>
- Hoeben Mannaert, L. N., Dijkstra, K., & Zwaan, R. A. (2020). Object combination in mental simulations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(11), 1796-1806. <https://doi.org/10.1177/1747021820933214>
- Hoeben Mannaert, L. N., Dijkstra, K., & Zwaan, R. A. (2021). Is color continuously activated in mental simulations across a broader discourse context? *Memory & Cognition*, 49(1), 127-147. <https://doi.org/10.3758/s13421-020-01078-6>
- Hoover, W. A., & Gough, P. B. (1990). The simple view of reading. *Reading and Writing*, 2(2), 127-160. <https://doi.org/10.1007/BF00401799>
- Howell, S. R., Jankowicz, D., & Becker, S. (2005). A model of grounded language acquisition: Sensorimotor features improve lexical and grammatical learning. *Journal of Memory and Language*, 53(2), 258-276. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.03.002>
- Humphreys, G. W., & Forde, E. M. E. (2001). Hierarchies, similarity, and interactivity in object recognition: "Category-specific" neuropsychological deficits. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(3), 453-476. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01004150>
- Huttenlocher, J., Smiley, P., & Charney, R. (1983). Emergence of action categories in the child: Evidence from verb meanings. *Psychological Review*, 90(1), 72-93. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.90.1.72>
- Inkster, M., Wellsby, M., Lloyd, E., & Pexman, P. M. (2016). Development of embodied word meanings: Sensorimotor effects in children's lexical processing. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00317>

- Isberner, M.-B., & Richter, T. (2014). Does validation during language comprehension depend on an evaluative mindset? *Discourse Processes*, *51*(1-2), 7-25. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2013.855867>
- Iverson, J. M., & Goldin-Meadow, S. (2005). Gesture paves the way for language development. *Psychological Science*, *16*(5), 367-371. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.01542.x>
- JASP Team. (2020). *JASP (Version 0.11.1)[Computer software]*.
- Jing, H. G., Madore, K. P., & Schacter, D. L. (2017). Preparing for what might happen: An episodic specificity induction impacts the generation of alternative future events. *Cognition*, *169*, 118-128. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.08.010>
- Johnson, M., & Lakoff, G. (2002). Why cognitive linguistics requires embodied realism. *Cognitive Linguistics*, *13*(3), 245-263. <https://doi.org/10.1515/cogl.2002.016>
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.
- Kamas, E. N., Reder, I. M., & Ayers, M. S. (1996). Partial matching in the Moses illusion : Response bias not sensitivity. *Memory & Cognition*, *24*(6), 687-699. <https://doi.org/10.3758/BF03201094>
- Kan, I. P., Barsalou, L. W., Solomon, K. O., Minor, J. K., & Thompson-Schill, S. L. (2003). Role of mental imagery in a property verification task: fMRI evidence for perceptual representations of conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, *20*, 525-540. <https://doi.org/10.1080/02643290244000257>
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Theriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M., Blanchard, A. A., & Zwaan, R. A. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, *94*(3), B79-B89. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.06.005>

- Kelso, K., Fletcher, J., & Lee, P. (2007). Reading comprehension in children with specific language impairment: An examination of two subgroups. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 42(1), 39-57. <https://doi.org/10.1080/13682820600693013>
- Kemmerer, D., Castillo, J. G., Talavage, T., Patterson, S., & Wiley, C. (2008). Neuroanatomical distribution of five semantic components of verbs: Evidence from fMRI. *Brain and Language*, 107(1), 16-43. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2007.09.003>
- Kendeou, P., Smith, E. R., & O'Brien, E. J. (2013). Updating during reading comprehension: Why causality matters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(3), 854-865. <https://doi.org/10.1037/a0029468>
- Kendeou, P., van den Broek, P., Helder, A., & Karlsson, J. (2014). A cognitive view of reading comprehension: Implications for reading difficulties: Cognitive model of reading. *Learning Disabilities Research & Practice*, 29(1), 10-16. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12025>
- Kendeou, P., van den Broek, P., White, M. J., & Lynch, J. S. (2009). Predicting reading comprehension in early elementary school: The independent contributions of oral language and decoding skills. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 765-778. <https://doi.org/10.1037/a0015956>
- Kiefer, M., & Barsalou, L. W. (2013). Grounding the human conceptual system in perception, action and internal states. In W. Prinz, M. Beisert, & A. Herwig (Éds.), *Action science: Foundations of an emerging discipline* (p. 381-408). MIT Press.
- Kiefer, M., Sim, E.-J., Herrnberger, B., Grothe, J., & Hoenig, K. (2008). The sound of concepts: Four markers for a link between auditory and conceptual brain systems. *Journal of Neuroscience*, 28(47), 12224-12230. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3579-08.2008>



- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A Construction-Integration model. *Psychological Review*, 95(2), 163-182. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.2.163>
- Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science*, 18(4), 513-549. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1804\\_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1804_1)
- Kleinsz, N., Potocki, A., Ecalle, J., & Magnan, A. (2017). Profiles of French poor readers: Underlying difficulties and effects of computerized training programs. *Learning and Individual Differences*, 57, 45-57. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.05.009>
- Kousta, S.-T., Vigliocco, G., Vinson, D. P., Andrews, M., & Del Campo, E. (2011). The representation of abstract words: Why emotion matters. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 14-34. <https://doi.org/10.1037/a0021446>
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- Lashley, K. S. (1950). In search of the engram. In *Physiological mechanisms in animal behavior. (Society's Symposium IV.)*. (p. 454-482). Academic Press.
- Lassonde, K. A., & O'Brien, E. J. (2009). Contextual specificity in the activation of predictive inferences. *Discourse Processes*, 46(5), 426-438. <https://doi.org/10.1080/01638530902959620>
- Lea, R. B., Mulligan, E. J., & Walton, J. L. (2005). Accessing distant premise information: How memory feeds reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(3), 387-395. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.3.387>
- Lehmann, S., & Murray, M. M. (2005). The role of multisensory memories in unisensory object discrimination. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 326-334. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.02.005>
- Levine, W. H., Guzmán, A. E., & Klin, C. M. (2000). When anaphor resolution fails. *Journal of Memory and Language*, 43(4), 594-617. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2719>

- Lœvenbruck, H., Nalborczyk, L., Perrone Bertolotti, M., Baeyens, C., & Grandchamp, R. (2017). Un cas d'incarnation linguistique : Implication du système moteur orofacial dans les ruminations mentales. In J. Dokic & D. Perrin (Éds.), *La cognition incarnée* (Vol. 33, p. 297-324). Université Grenoble-Alpes.
- Long, D. L., & Chong, J. L. (2001). Comprehension skill and global coherence: A paradoxical picture of poor comprehenders' abilities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(6), 1424-1429. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.6.1424>
- Madden, C. J., & Zwaan, R. A. (2006). Perceptual representation as a mechanism of lexical ambiguity resolution: An investigation of span and processing time. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(6), 1291-1303. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.32.6.1291>
- Madore, K. P., Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2015). Creativity and memory: Effects of an episodic-specificity induction on divergent thinking. *Psychological Science*, 26(9), 1461-1468. <https://doi.org/10.1177/0956797615591863>
- Madore, K. P., Gaesser, B., & Schacter, D. L. (2014). Constructive episodic simulation: Dissociable effects of a specificity induction on remembering, imagining, and describing in young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(3), 609-622. <https://doi.org/10.1037/a0034885>
- Madore, K. P., Szpunar, K. K., Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2016). Episodic specificity induction impacts activity in a core brain network during construction of imagined future experiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(38), 10696-10701. <https://doi.org/10.1073/pnas.1612278113>

- Mann, V. A., Liberman, I. Y., & Shankweiler, D. (1980). Children's memory for sentences and word strings in relation to reading ability. *Memory & Cognition*, 8(4), 329-335.  
<https://doi.org/10.3758/BF03198272>
- Matheson, H. E., & Barsalou, L. W. (2018). Embodiment and grounding in cognitive neuroscience. In J. T. Wixted (Éd.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience* (p. 1-27). John Wiley & Sons, Inc.  
<https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn310>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324.  
<https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- Matsuki, K., Chow, T., Hare, M., Elman, J. L., Scheepers, C., & McRae, K. (2011). Event-based plausibility immediately influences on-line language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(4), 913-934.  
<https://doi.org/10.1037/a0022964>
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1986). *Parallel distributed processing*. MIT Press.
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115-133.  
<https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1981). The comprehension processes and memory structures involved in instrumental inference. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20(6), 671-682. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(81\)90238-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90238-3)
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1989). Semantic associations and elaborative inference. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(2), 326-338.  
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.2.326>

- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1992). Inference during reading. *Psychological Review*, 99(3), 440-466. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.440>
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1995). The minimalist hypothesis: Directions of research. In C. A. Weaver, S. Mannes, & C. R. Fletcher (Éds.), *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (p. 97-116). Lawrence Erlbaum Associates.
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1998). Memory-based language processing: Psycholinguistic research in the 1990s. *Annual Review of Psychology*, 49(1), 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.49.1.25>
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and instruction*, 14(1), 1-43. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1401\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1401_1)
- Megherbi, H., & Ehrlich, M.-F. (2005). Language impairment in less skilled comprehenders: The on-line processing of anaphoric pronouns in a listening situation. *Reading and Writing*, 18, 715-753. <https://doi.org/10.1007/s11145-005-8131-6>
- Miceli, G., Fouch, E., Capasso, R., Shelton, J. R., Tomaiuolo, F., & Caramazza, A. (2001). The dissociation of color from form and function knowledge. *Nature Neuroscience*, 4(6), 662-667. <https://doi.org/10.1038/88497>
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2020, août). *4 priorités pour renforcer la maîtrise des fondamentaux*. [education.gouv.fr. https://www.education.gouv.fr/4-priorites-pour-renforcer-la-maitrise-des-fondamentaux-9056](https://www.education.gouv.fr/4-priorites-pour-renforcer-la-maitrise-des-fondamentaux-9056)
- 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>
- Moody, C. L., & Gennari, S. P. (2010). Effects of implied physical effort in sensory-motor and pre-frontal cortex during language comprehension. *NeuroImage*, *49*(1), 782-793. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.07.065>
- Myers, J. L., Cook, A. E., Kambe, G., Mason, R. A., & O’Brien, E. J. (2000). Semantic and episodic effects on bridging inferences. *Discourse Processes*, *29*(3), 179-199. [https://doi.org/10.1207/S15326950dp2903\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326950dp2903_1)
- Myers, J. L., & O’Brien, E. J. (1998). Accessing the discourse representation during reading. *Discourse Processes*, *26*(2-3), 131-157. <https://doi.org/10.1080/01638539809545042>
- Myers, J. L., Shinjo, M., & Duffy, S. A. (1987). Degree of causal relatedness and memory. *Journal of Memory and Language*, *26*(4), 453-465. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(87\)90101-X](https://doi.org/10.1016/0749-596X(87)90101-X)
- Myers, M., & Paris, S. G. (1978). Children’s metacognitive knowledge about reading. *Journal of Educational Psychology*, *70*(5), 680-690. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.70.5.680>
- Nagy, W. E., & Scott, J. A. (2000). Vocabulary processes. In M. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson, & R. Barr (Éds.), *Handbook of reading research: Vol. III* (p. 269-284). Lawrence Erlbaum Associates.
- Nation, K. (1999). Reading Skills in hyperlexia: A developmental perspective. *Psychological Bulletin*, *125*(3), 338-355. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.3.338>
- Nation, K., Adams, J. W., Bowyer-Crane, C. A., & Snowling, M. J. (1999). Working memory deficits in poor comprehenders reflect underlying language impairments. *Journal of Experimental Child Psychology*, *73*(2), 139-158. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2498>

- Nation, K., Clarke, P., Marshall, C. M., & Durand, M. (2004). Hidden language impairments in children: Parallels between poor reading comprehension and specific language impairment? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47, 199-211. <https://doi.org/1092-4388/04/4701-0199>
- Nation, K., Clarke, P., & Snowling, M. J. (2002). General cognitive ability in children with reading comprehension difficulties. *British Journal of Educational Psychology*, 72(4), 549-560. <https://doi.org/10.1348/00070990260377604>
- Nation, K., & Snowling, M. (1997). Assessing reading difficulties: The validity and utility of current measures of reading skill. *British Journal of Educational Psychology*, 67(3), 359-370. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1997.tb01250.x>
- Nation, K., & Snowling, M. J. (1998). Semantic processing and the development of word-recognition skills: Evidence from children with reading comprehension difficulties. *Journal of Memory and Language*, 39(1), 85-101. <https://doi.org/10.1006/jmla.1998.2564>
- Nation, K., & Snowling, M. J. (1999). Developmental differences in sensitivity to semantic relations among good and poor comprehenders: Evidence from semantic priming. *Cognition*, 70(1), B1-B13. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00004-9)
- Newcombe, P. I., Campbell, C., Siakaluk, P. D., & Pexman, P. M. (2012). Effects of emotional and sensorimotor knowledge in semantic processing of concrete and abstract nouns. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00275>
- Niedenthal, P. M., Barsalou, L. W., Winkielman, P., Krauth-Gruber, S., & Ric, F. (2005). Embodiment in attitudes, social perception, and emotion. *Personality and Social Psychology Review*, 9(3), 184-211. [https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0903\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0903_1)

- Oakhill, J. V. (1982). Constructive processes in skilled and less skilled comprehenders' memory for sentences. *British Journal of Psychology*, 73(1), 13-20.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1982.tb01785.x>
- Oakhill, J. V. (1983). Instantiation in skilled and less skilled comprehenders. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 35(3), 441-450.  
<https://doi.org/10.1080/14640748308402481>
- Oakhill, J. V. (1984). Inferential and memory skills in children's comprehension of stories. *British Journal of Educational Psychology*, 54(1), 31-39.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1984.tb00842.x>
- Oakhill, J. V., & Cain, K. (2007). Issues of causality in children's reading comprehension. In D. S. McNamara (Éd.), *Reading comprehension strategies: Theories, interventions, and technologies* (p. 47-71). Psychology Press.
- Oakhill, J. V., Cain, K., & Bryant, P. E. (2003). The dissociation of word reading and text comprehension: Evidence from component skills. *Language and Cognitive Processes*, 18(4), 443-468. <https://doi.org/10.1080/01690960344000008>
- Oakhill, J. V., Cain, K., & Elbro, C. (2014). *Understanding and teaching reading comprehension: A handbook*. Routledge.
- Oakhill, J. V., Cain, K., & McCarthy, D. (2015). Inference processing in children: The contributions of depth and breadth of vocabulary knowledge. In E. J. O'Brien, A. E. Cook, & R. F. Lorch (Éds.), *Inferences during reading* (p. 140-159). Cambridge University Press.
- Oakhill, J. V., Hartt, J., & Samols, D. (2005). Levels of comprehension monitoring and working memory in good and poor comprehenders. *Reading and Writing*, 18(7-9), 657-686.  
<https://doi.org/10.1007/s11145-005-3355-z>

- O'Brien, E. J., & Albrecht, J. E. (1992). Comprehension strategies in the development of a mental model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*(4), 777-784. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.18.4.777>
- O'Brien, E. J., Albrecht, J. E., & Plewes, P. S. (1990). Antecedent retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(2), 241-249. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.2.241>
- O'Brien, E. J., Albrecht, J. E., Rizzella, M. L., & Halleran, J. G. (1998). Updating a situation model: A memory-based text processing view. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *24*(5), 1200-1210. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.24.5.1200>
- O'Brien, E. J., & Cook, A. E. (2016a). Coherence threshold and the continuity of processing: The RI-Val model of comprehension. *Discourse Processes*, *53*(5-6), 326-338. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2015.1123341>
- O'Brien, E. J., & Cook, A. E. (2016b). Separating the activation, integration, and validation components of reading. In B. H. Ross (Éd.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 65, p. 249-276). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2016.03.004>
- O'Brien, E. J., Cook, A. E., & Guéraud, S. (2010). Accessibility of outdated information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*(4), 979-991. <https://doi.org/10.1037/a0019763>
- O'Brien, E. J., & Myers, J. L. (1987). The role of causal connections in the retrieval of text. *Memory & Cognition*, *15*(5), 419-427. <https://doi.org/10.3758/BF03197731>
- O'Brien, E. J., & Myers, J. L. (1999). Text comprehension: A view from the bottom up. In S. R. Goldman, A. C. Graesser, & P. van den Broek (Éds.), *Narrative comprehension, causality, and coherence: Essays in honor of Tom Trabasso* (p. 35-54). Erlbaum.



- O'Brien, E. J., Shank, D. M., Myers, J. L., & Rayner, K. (1988). Elaborative inferences during reading: Do they occur on-line? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*(3), 410-420. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.14.3.410>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- O'Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007). Reversing the Reverse Cohesion Effect: Good Texts Can Be Better for Strategic, High-Knowledge Readers. *Discourse Processes*, *43*(2), 121-152. <https://doi.org/10.1080/01638530709336895>
- Ouellette, G. P. (2006). What's meaning got to do with it: The role of vocabulary in word reading and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, *98*(3), 554-566. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.3.554>
- Paivio, A. U. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Paris, S. G., & Jacobs, J. E. (1984). The benefits of informed instruction for children's reading awareness and comprehension skills. *Child Development*, *55*(6), 2083-2093. <https://doi.org/10.2307/1129781>
- Paris, S. G., & Myers, M. (1981). Comprehension Monitoring, memory, and study strategies of Good and Poor Readers. *Journal of Reading Behavior*, *13*(1), 5-22. <https://doi.org/10.1080/10862968109547390>
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2003). Verifying properties from different modalities for concepts produces switching costs. *Psychological Science*, *14*(2), 119-124. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01429>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *37*(1), 51-87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>

- Perfetti, C. (1994). Psycholinguistics and reading ability. In M. A. Gernsbacher (Éd.), *Handbook of psycholinguistics*. Academic Press.
- Perfetti, C. (2007). Reading ability: Lexical quality to comprehension. *Scientific Studies of Reading*, *11*(4), 357-383. <https://doi.org/10.1080/10888430701530730>
- Perfetti, C., & Hart, L. A. (2002). The lexical quality hypothesis. In L. Vehoeven, C. Elbro, & P. Reitsma (Éds.), *Precursors of functional literacy* (p. 189-213). John Benjamins.
- Perfetti, C., Landi, N., & Oakhill, J. V. (2005). The acquisition of reading comprehension skill. In M. J. Snowling & C. Hulme (Éds.), *The science of reading: A handbook* (p. 227-253). Blackwell.
- Perfetti, C., & Stafura, J. (2014). Word knowledge in a theory of reading comprehension. *Scientific Studies of Reading*, *18*(1), 22-37. <https://doi.org/10.1080/10888438.2013.827687>
- Pexman, P. M. (2017). The role of embodiment in conceptual development. *Language, Cognition and Neuroscience*, *34*(10), 1274-1283. <https://doi.org/10.1080/23273798.2017.1303522>
- Phillips, C. I., Sears, C. R., & Pexman, P. M. (2012). An embodied semantic processing effect on eye gaze during sentence reading. *Language and Cognition*, *4*(2), 99-114. <https://doi.org/10.1515/langcog-2012-0006>
- Piaget, J. (1935). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding Normal and Impaired Word Reading: Computational Principles in Quasi-Regular Domains. *Psychological Review*, *103*(1), 56-115. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.1.56>
- Potocki, A., Sanchez, M., Ecalle, J., & Magnan, A. (2015). Linguistic and cognitive profiles of 8- to 15-year-old children with reading comprehension difficulties: The role of

- executive functions. *Journal of Learning Disabilities*, 20(2), 128-142.  
<https://doi.org/10.1177/0022219415613080>
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 576-582. <https://doi.org/10.1038/nrn1706>
- Pulvermüller, F., & Hauk, O. (2006). Category-specific conceptual processing of color and form in left fronto-temporal cortex. *Cerebral Cortex*, 16(8), 1193-1201.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhj060>
- Purkart, R., Versace, R., & Vallet, G. T. (2019). “Does it improve the mind’s eye?”: Sensorimotor simulation in episodic event construction. *Frontiers in Psychology*, 10.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01403>
- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and cognition: Toward a foundation for cognitive science*. The MIT Press.
- Raposo, A., Moss, H. E., Stamatakis, E. A., & Tyler, L. K. (2009). Modulation of motor and premotor cortices by actions, action words and action sentences. *Neuropsychologia*, 47(2), 388-396. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.09.017>
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1988). A retrieval theory of priming in memory. *Psychological Review*, 95(3), 385-408.
- Reder, L. M., & Cleeremans, A. (1990). The role of partial matches in comprehension: The Moses illusion revisited. In A. C. Graesser & G. Bower (Éds.), *The psychology of Learning and motivation* (Vol. 25, p. 233-258). Academic Press.
- Reder, L. M., & Kusbit, G. W. (1991). Locus of the Moses illusion: Imperfect encoding, retrieval, or match? *Journal of Memory and Language*, 30, 385-206.  
[https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90013-A](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90013-A)

- Rey, A. E., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., & Versace, R. (2015). Memory plays tricks on me: Perceptual bias induced by memory reactivated size in Ebbinghaus illusion. *Acta Psychologica, 161*, 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.08.011>
- Reynaud, E., Lesourd, M., Navarro, J., & Osiurak, F. (2016). On the neurocognitive origins of human tool use: A critical review of neuroimaging data. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 64*, 421-437. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.009>
- Richardson, D. C., Spivey, M. J., Barsalou, L. W., & McRae, K. (2003). Spatial representations activated during real-time comprehension of verbs. *Cognitive Science, 27*(5), 767-780. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2705\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2705_4)
- Richter, T. (2015). Validation and comprehension of text information: Two sides of the same coin. *Discourse Processes, 52*(5-6), 337-355. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2015.1025665>
- Richter, T., & Maier, J. (2017). Comprehension of multiple documents with conflicting information: A two-step model of validation. *Educational Psychologist, 52*(3), 148-166. <https://doi.org/10.1080/00461520.2017.1322968>
- Richter, T., & Rapp, D. N. (2014). Comprehension and validation of text information: Introduction to the special issue. *Discourse Processes, 51*(1-2), 1-6. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2013.855533>
- Richter, T., Schroeder, S., & Wöhrmann, B. (2009). You don't have to believe everything you read: Background knowledge permits fast and efficient validation of information. *Journal of Personality and Social Psychology, 96*(3), 538-558. <https://doi.org/10.1037/a0014038>
- Ricketts, J., Bishop, D. V. M., & Nation, K. (2008). Investigating orthographic and semantic aspects of word learning in poor comprehenders. *Journal of Research in Reading, 31*(1), 117-135. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2007.00365.x>

- Rizzella, M. L., & O'Brien, E. J. (1996). Accessing global causes during reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(5), 1208-1218. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.22.5.1208>
- Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented on lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 803-814.
- Sadoski, M. (2015). Reading comprehension, embodied cognition, and dual coding theory. In S. R. Parris & K. Headley (Éds.), *Comprehension instruction: Research-based best practices* (p. 45-55). Guilford Press.
- Sadoski, M. (2018). Reading comprehension is embodied: Theoretical and practical considerations. *Educ Psychol Rev*, 30, 331-349. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9412-8>
- Sadoski, M., & Paivio, A. U. (2001). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing*. Lawrence Erlbaum.
- Sanford, A. J., & Garrod, S. C. (1989). What, when, and how?: Questions of immediacy in anaphoric reference resolution. *Language and Cognitive Processes*, 4(3-4), SI235-SI262. <https://doi.org/10.1080/01690968908406369>
- Schacter, D. L., & Madore, K. P. (2016). Remembering the past and imagining the future: Identifying and enhancing the contribution of episodic memory. *Memory Studies*, 9(3), 245-255. <https://doi.org/10.1177/1750698016645230>
- Shankweiler, D. (1989). How problems of comprehension are related to difficulties in decoding. In D. Shankweiler & I. Y. Liberman (Éds.), *Phonology and reading disability: Solving the reading puzzle* (p. 35-68). University of Michigan Press.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>

- Siakaluk, P. D., Pexman, P. M., Aguilera, L., Owen, W. J., & Sears, C. R. (2008). Evidence for the activation of sensorimotor information during visual word recognition: The body–object interaction effect. *Cognition*, *106*(1), 433-443. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.12.011>
- Siakaluk, P. D., Pexman, P. M., Sears, C. R., Wilson, K., Locheed, K., & Owen, W. J. (2008). The benefits of sensorimotor knowledge: Body-object interaction facilitates semantic processing. *Cognitive Science*, *32*(3), 591-605. <https://doi.org/10.1080/03640210802035399>
- Simmons, W. K., & Barsalou, L. W. (2003). The similarity-in-topography principle: Reconciling theories of conceptual deficits. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3-6), 451-486. <https://doi.org/10.1080/02643290342000032>
- Simmons, W. K., Ramjee, V., Beauchamp, M. S., McRae, K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2007). A common neural substrate for perceiving and knowing about color. *Neuropsychologia*, *45*(12), 2802-2810. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.002>
- Singer, M. (2006). Verification of text ideas during reading. *Journal of Memory and Language*, *54*(4), 574-591. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.11.003>
- Singer, M. (2009). Tacit verification of determinate and indeterminate text ideas. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, *63*(3), 185-192. <https://doi.org/10.1037/a0015387>
- Singer, M. (2013). Validation in reading comprehension. *Current Directions in Psychological Science*, *22*(5), 361-366. <https://doi.org/10.1177/0963721413495236>
- Smith, E. R., & O'Brien, E. J. (2012). Tracking spatial information during reading: A cue-based process. *Memory & Cognition*, *40*(5), 791-801. <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0190-8>

- Smith, E. R., & O'Brien, E. J. (2016). Enhancing memory access for less skilled readers. *Scientific Studies of Reading*, 20(6), 421-435. <https://doi.org/10.1080/10888438.2016.1214590>
- Smith, S. T., Macaruso, P., Shankweiler, D., & Crain, S. (1989). Syntactic comprehension in young poor readers. *Applied Psycholinguistics*, 10(4), 429-454. <https://doi.org/10.1017/S0142716400009012>
- Snow, C. E. (2002). *Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension*. Rand Corporation.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2001). Representing properties locally. *Cognitive Psychology*, 3, 129-169. <https://doi.org/10.1006/cogp.2001.0754>
- Sperber, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Éds.), *Mapping the Mind* (1<sup>re</sup> éd., p. 39-67). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511752902.003>
- Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological Science*, 12(2), 153-156. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00326>
- Stothard, S. E., & Hulme, C. (1992). Reading comprehension difficulties in children: The role of language comprehension and working memory skills. *Reading and Writing*, 4(3), 245-256. <https://doi.org/10.1007/BF01027150>
- Stothard, S. E., & Hulme, C. (1995). A comparison of phonological skills in children with reading comprehension difficulties and children with decoding difficulties. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 36(3), 399-408. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1995.tb01298.x>

- Suh, S., & Trabasso, T. (1993). Inferences during reading: Converging evidence from discourse analysis, talk-aloud protocols, and recognition priming. *Journal of Memory and Language*, 32(3), 279-300. <https://doi.org/10.1006/jmla.1993.1015>
- Tannenbaum, K. R., Torgesen, J. K., & Wagner, R. K. (2006). Relationships between word knowledge and reading comprehension in third-grade children. *Scientific Studies of Reading*, 10(4), 381-398. [https://doi.org/10.1207/s1532799xssr1004\\_3](https://doi.org/10.1207/s1532799xssr1004_3)
- Taylor, L. J., & Zwaan, R. A. (2008). Motor resonance and linguistic focus. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(6), 896-904. <https://doi.org/10.1080/17470210701625519>
- Taylor, L. J., & Zwaan, R. A. (2009). Action in cognition: The case of language. *Language and Cognition*, 1(1), 45-58. <https://doi.org/10.1515/LANGCOG.2009.003>
- Thill, S., & Twomey, K. E. (2016). What's on the inside counts: A grounded account of concept acquisition and development. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00402>
- Tillotson, S. M., Siakaluk, P. D., & Pexman, P. M. (2008). Body—Object interaction ratings for 1,618 monosyllabic nouns. *Behavior Research Methods*, 40(4), 1075-1078. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.4.1075>
- Tong, X., Deacon, S., H., Cain, K., & Parrila, R. (2011). Morphological awareness: A key to understanding poor reading comprehension in English. *Journal of Learning Disabilities*, 103(3), 523-534. <https://doi.org/10.1037/a0023495>
- Tousignant, C., & Pexman, P. M. (2012). Flexible recruitment of semantic richness: Context modulates body-object interaction effects in lexical-semantic processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00053>



- Trabasso, T., & van den Broek, P. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24(5), 612-630. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(85\)90049-X](https://doi.org/10.1016/0749-596X(85)90049-X)
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A Feature-Integration Theory of Attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Tucker, M., & Ellis, R. (2001). The potentiation of grasp types during visual object categorization. *Visual Cognition*, 8(6), 769-800. <https://doi.org/10.1080/13506280042000144>
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Éds.), *Organization of memory* (p. 381-403). Academic Press.
- Vallet, G. (2012). *Une approche incarnée du vieillissement normal et pathologique : Compréhension du fonctionnement mnésique selon les interactions entre mémoire et perception* [Thèse de doctorat inédite]. Université Lyon 2.
- Vallet, G., Brunel, L., & Versace, R. (2010). The perceptual nature of the cross-modal priming effect: Arguments in favor of a sensory-based conception of memory. *Experimental Psychology*, 57(5), 376-382. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000045>
- van den Broek, P. (1988). The effects of causal relations and hierarchical position on the importance of story statements. *Journal of Memory and Language*, 27(1), 1-22. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90045-9](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90045-9)
- van den Broek, P. (1990). The causal inference maker: Towards a process model of inference generation in text comprehension. In D. A. Balota, G. B. Flores d'Arcais, & K. Rayner (Éds.), *Comprehension processes in reading* (p. 423-446). Lawrence Erlbaum Associates.

- van den Broek, P., Risdén, K., & Husebeye-Hartmann, E. (1995). The role of reader's standards of coherence in the generation of inferences during reading. In R. F. Lorch & E. J. O'Brien (Éds.), *Sources of coherence in text comprehension* (p. 353-373). Erlbaum.
- van den Broek, P., Young, M., Tzeng, Y., & Linderholm, T. (1999). The landscape model of reading: Inferences and the online construction of a memory representation. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Éds.), *The Construction of Mental Representations During Reading* (p. 71-98). Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781410603050>
- van Berkum, J. J. A., Hagoort, P., & Brown, C. M. (1999). Semantic integration in sentences and discourse: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(6), 657-671. <https://doi.org/10.1162/089892999563724>
- van Dijk, T., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press.
- van Havermaet, L. R., & Wurm, L. H. (2014). Semantic effects in word recognition are moderated by body-object interaction. *The Mental Lexicon*, *9*(1), 1-22. <https://doi.org/10.1075/ml.9.1.01hav>
- van Moort, M. L., Koornneef, A., & van den Broek, P. W. (2018). Validation: Knowledge- and Text-Based Monitoring During Reading. *Discourse Processes*, *55*(5-6), 480-496. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2018.1426319>
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : Sciences cognitives et expérience humaine* (V. Havelange, Trad.). Seuil.
- Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. T. (2018). *Cognition incarnée : Une cognition située et projetée*. Mardaga.
- Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The content of long-term memory and the emergence of knowledge. *Journal of Cognitive Psychology*, *21*(4), 522-560. <https://doi.org/10.1080/09541440801951844>
- Versace, R., Nevers, B., & Padovan, C. (2002). *La mémoire dans tous ses états*. Solal.

- Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., Labeye, É., & Brunel, L. (2014). Act-In: An integrated view of memory mechanisms. *Journal of Cognitive Psychology*, *26*(3), 280-306. <https://doi.org/10.1080/20445911.2014.892113>
- Vieillard, S., & Msika, C. (2021). Les modifications du fonctionnement cognitif et émotionnel avec l'avancée en âge au prisme d'une approche incarnée. *L'Année psychologique*, *121*(1), 71-99. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.211.0071>
- Vigliocco, G., Kousta, S.-T., Della Rosa, P. A., Vinson, D. P., Tettamanti, M., Devlin, J. T., & Cappa, S. F. (2014). The neural representation of abstract words: The role of emotion. *Cerebral Cortex*, *24*(7), 1767-1777. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht025>
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1987). Categories of knowledge: Further fractionations and an attempted integration. *Brain*, *110*(5), 1273-1296. <https://doi.org/10.1093/brain/110.5.1273>
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, *107*(3), 829-854. <https://doi.org/10.1093/brain/107.3.829>
- Weekes, B. S., Hamilton, S., Oakhill, J. V., & Holliday, R. E. (2008). False recollection in children with reading comprehension difficulties. *Cognition*, *106*(1), 222-233. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.01.005>
- Wellsby, M., & Pexman, P. M. (2014a). Developing embodied cognition: Insights from children's concepts and language processing. *Frontiers in Psychology*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00506>
- Wellsby, M., & Pexman, P. M. (2014b). The influence of bodily experience on children's Language Processing. *Topics in Cognitive Science*, *6*(3), 425-441. <https://doi.org/10.1111/tops.12092>

- Werner, K., & Raab, M. (2014). Moving your eyes to solution: Effects of movements on the perception of a problem-solving task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(8), 1571-1578. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.889723>
- Weschler, D. (1992). *Weschler Intelligence Scale for Children—3rd edition*. Psychological Corporation, Harcourt Brace.
- Wiener, N. (1948). Cybernetics. *Scientific American*, 179, 14-18.
- Williams, C. R., Cook, A. E., & O'Brien, E. J. (2018). Validating semantic illusions: Competition between context and general world knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 44(9), 1414-1429. <https://doi.org/10.1037/xlm0000526>
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Witt, J. K., Kemmerer, D., Linkenauger, S. A., & Culham, J. (2010). A functional role for motor simulation in identifying tools. *Psychological Science*, 21(9), 1215-1219. <https://doi.org/10.1177/0956797610378307>
- Xue, J., Marmolejo-Ramos, F., & Pei, X. (2015). The linguistic context effects on the processing of body-object interaction words: An ERP study on second language learners. *Brain Research*, 1613, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.03.050>
- Yap, M. J., Pexman, P. M., Wellsby, M., Hargreaves, I. S., & Huff, M. J. (2012). An abundance of riches: Cross-task comparisons of semantic richness effects in visual word recognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00072>
- Yuill, N., Oakhill, J., & Parkin, A. (1989). Working memory, comprehension ability and the resolution of text anomaly. *British Journal of Psychology*, 80(3), 351-361. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1989.tb02325.x>

- Yuill, N., & Oakhill, J. V. (1991). *Children's problems in text comprehension: An experimental investigation*. Cambridge University Press.
- Zwaan, R. A. (2004). The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. In B. H. Ross (Éd.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 44, p. 35-62). Elsevier Science.
- Zwaan, R. A., Langston, M. C., & Graesser, A. C. (1995). The construction of situation models in narrative comprehension: An event-indexing model. *Psychological Science*, 6(5), 292-297. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1995.tb00513.x>
- Zwaan, R. A., Madden, C. J., Yaxley, R. H., & Aveyard, M. E. (2004). Moving words: Dynamic representations in language comprehension. *Cognitive Science*, 28(4), 611-619. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2804\\_5](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2804_5)
- Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, 13(2), 168-171. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00430>
- Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: Motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(1), 1-11. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.1.1>
- Zwaan, R. A., & Yaxley, R. H. (2003). Spatial iconicity affects semantic relatedness judgments. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(4), 954-958. <https://doi.org/10.3758/BF03196557>
- Zychaluk, K., & Foster, D. H. (2009). Model-free estimation of the psychometric function. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71, 1414-1425. <https://doi.org/10.3758/APP.71.6.1414>

## **ANNEXES**

# TABLEAU DES ANNEXES

<b>ANNEXE A : PHRASES UTILISEES DANS LES ÉTUDES 1, 2A ET 2B</b> .....	264
<b>ANNEXE B : LISTES DE MOTS UTILISEES POUR LA TACHE DE PRODUCTION D'UN THEME GENERAL (ÉTUDES 1, 2A ET 2B)</b> .....	266
<b>ANNEXE C : STIMULI UTILISES POUR LES TACHES DE PRODUCTION ET DE JUGEMENT DE SYNONYMES (ÉTUDES 1, 2A ET 2B)</b> .....	267
<b>ANNEXE D : STIMULI UTILISES POUR LES TACHES DE PRODUCTION ET DE JUGEMENT D'HYPERONYMES (ÉTUDES 1, 2A ET 2B)</b> .....	268
<b>ANNEXE E : STIMULI UTILISES LORS DE LA TACHE DE SIMILARITE PERCEPTIVE (ÉTUDES 1, 2A ET 2B)</b> .....	269
<b>ANNEXES F : RESULTATS DU PRE-TEST POUR L'ÉTUDE 1</b> .....	270
<b>ANNEXE G : RESULTATS A LA TACHE DE VALIDATION DE PHRASES POUR LES PHRASES FACILES EN FONCTION DE LA VERACITE ET DU NIVEAU DE COMPREHENSION (ÉTUDE 1)</b> .....	271
<b>ANNEXE H : RESULTATS DU PRE-TEST POUR LES ÉTUDES 2A (FC) ET 2B (BC)</b> .....	272
<b>ANNEXE I : RESULTATS DU SUBTEST COMPREHENSION POUR L'ÉTUDE 3</b> .....	272
<b>ANNEXE J : STIMULI UTILISES POUR LA PHASE DE TESTS DE L'ÉTUDE 3</b> .....	273
<b>ANNEXE K : RESULTATS DU SUBTEST COMPREHENSION POUR L'ÉTUDE 4</b> .....	274
<b>ANNEXE L : QUESTIONNAIRE D'ÉDIMBOURG (OLDFIELD, 1971) TRADUIT ET UTILISE POUR L'ÉTUDE 5</b> .....	274
<b>ANNEXE M : RESULTATS DU SUBTEST COMPREHENSION POUR L'ÉTUDE 5</b> .....	275
<b>ANNEXE N : STIMULI UTILISES POUR L'ÉTUDE 5</b> .....	275
<b>ANNEXE O : TABLEAUX DES MOYENNES OBSERVES POUR L'ÉTUDE 5</b> .....	278

## Annexe A : Phrases utilisées dans les Études 1, 2A et 2B

### Phrases fausses Faciles

- 1°) Fifa est une musique
- 2°) Shakira est une actrice
- 3°) Peter Pan est une fille
- 4°) Le judo est un sport d'épée
- 5°) Un triangle a quatre côtés
- 6°) Snapchat est un moteur de recherche
- 7°) Un SMS est un son
- 8°) Un segment est courbé
- 9°) La semoule est un légume
- 10°) Le Mali est en Chine
- 11°) Word est une calculatrice
- 12°) La crème est un fruit
- 13°) Usain Bolt est un nageur
- 14°) Un miroir est incassable
- 15°) Un cercle a un angle
- 16°) La Russie est en Océanie
- 17°) Le handball est un sport individuel
- 18°) Un carton rouge entraîne une victoire
- 19°) La Terre est vide
- 20°) Le badminton est un sport de combat
- 21°) Un soda contient de l'alcool
- 22°) Une multiplication est une calculatrice
- 23°) Le tabac est une boisson
- 24°) Stromae est un peintre
- 25°) Un cube est plat
- 26°) Une équipe de foot a 42 joueurs
- 27°) Le marathon est une danse
- 28°) Une virgule est un verbe
- 29°) L'Italie contient le Québec
- 30°) Harry Potter est une fée
- 31°) Un téléphone contient de l'eau
- 32°) Le manga est d'origine russe
- 33°) Un court métrage est un livre
- 34°) Un crocodile a des poils
- 35°) Le cœur est un os
- 36°) Google est une batterie

### Phrases vraies faciles :

- 1°) Apple est une marque
- 2°) Un nombre est divisible
- 3°) Un stylo a de l'encre
- 4°) Le Soleil entraîne des brûlures
- 5°) Une fleur est vivante
- 6°) Pythagore est un mathématicien
- 7°) Le café contient de la caféine
- 8°) L'abeille est un insecte
- 9°) Mozart est un compositeur
- 10°) Une fable a une morale
- 11°) Une droite est infinie
- 12°) Batman est un superhéros
- 13°) Un sport a des règles
- 14°) L'électricité est un courant
- 15°) Titanic est un film
- 16°) Une application est téléchargeable
- 17°) Le tir à l'arc est un sport
- 18°) Tintin est une BD
- 19°) Un angle est mesurable
- 20°) L'eau est vitale
- 21°) La natation est aux Jeux Olympiques
- 22°) Le cerveau contient des neurones
- 23°) Le français est une langue
- 24°) Charlie Chaplin est un acteur
- 25°) Un écran contient des pixels
- 26°) La Wii est une console
- 27°) Le corps a des muscles
- 28°) Une équerre a un angle droit
- 29°) Un gorille a des pouces
- 30°) Zlatan est un footballeur
- 31°) Mahomet est un prophète
- 32°) Le corps contient de l'eau
- 33°) Un orchestre contient plusieurs musiciens
- 34°) L'ordinateur contient un disque dur
- 35°) Une voiture a un moteur
- 36°) Une lettre a un destinataire



Phrases fausses difficiles :

- 1°) La Joconde est de Picasso
- 2°) Le Protestantisme est une culture
- 3°) L'eau est un anhydre
- 4°) La distillation est naturelle
- 5°) Un ion est neutre
- 6°) Une durée est indéfinissable
- 7°) Osiris est grec
- 8°) Saturne contient de l'eau
- 9°) La mayonnaise contient du lait
- 10°) Un requin est un mammifère
- 11°) Le diamant est bleu
- 12°) Youtube contient des logiciels
- 13°) L'araignée a six pattes
- 14°) Le sextant est un navire
- 15°) Le dauphin a des branchies
- 16°) La Lune est une étoile
- 17°) Une croche est un instrument
- 18°) L'ébullition entraîne la solidification
- 19°) Un triangle isocèle est asymétrique
- 20°) Le métal est isolant
- 21°) Vercingétorix est romain
- 22°) Un mètre contient 100 mm
- 23°) L'H<sub>2</sub>O contient 23 atomes
- 24°) La France est une monarchie
- 25°) Hadès est égyptien
- 26°) Le thym est un arbre
- 27°) La Catalogne est en France
- 28°) La lumière est immobile
- 29°) Un disque dur contient des pixels
- 30°) Ampère est un peintre
- 31°) Pi est un outil
- 32°) L'heptathlon contient trois épreuves
- 33°) L'Australie est dans l'hémisphère nord
- 34°) L'Amazonie est en Asie
- 35°) Un nom propre a une minuscule
- 36°) Un trapèze est un hexagone

Phrases vraies faciles :

- 1°) Le basalte contient des cristaux
- 2°) Le basket-ball contient 4 quart-temps
- 3°) La pile est un dipôle
- 4°) Les réactifs entraînent des produits
- 5°) Un gaz est expansible
- 6°) La matière est palpable
- 7°) Le zéro est arabe
- 8°) Un cercle contient des points
- 9°) L'alto est un instrument
- 10°) Le Maroc est un pays méditerranéen
- 11°) La terre contient l'asthénosphère
- 12°) Une métaphore a un comparé
- 13°) Une hyperbole est une exagération
- 14°) Le chat est omnivore
- 15°) Le Cloud est un stockage virtuel
- 16°) La lumière entraîne la photosynthèse
- 17°) Une diode est polarisée
- 18°) Le dentifrice contient du sulfure
- 19°) La glace contient de l'oxygène
- 20°) L'aquaculture est de l'élevage
- 21°) L'électricité a un sens
- 22°) L'éthanol est un alcool
- 23°) Le Vatican est à Rome
- 24°) L'air a une masse
- 25°) L'atmosphère contient la mésosphère
- 26°) Le christianisme a sept sacrements
- 27°) La Bastille est une prison
- 28°) Federer est suisse
- 29°) Un let entraîne un nouveau service
- 30°) Le suzerain a des vassaux
- 31°) Un cactus a des fleurs
- 32°) L'eau a des états
- 33°) Un pavé a des arêtes
- 34°) Homère est un auteur
- 35°) Un ordinateur a un ventilateur
- 36°) L'eau a plusieurs formes

## **Annexe B : Listes de mots utilisées pour la tâche de production d'un thème général (Études 1, 2A et 2B)**

Les réponses attendues sont indiquées entre parenthèses.

1°) Enseignant, Amis, Jouer, Apprendre, Livre, Mathématiques (Ecole)

2°) Taper, Clavier, Internet, Email, Imprimer, Souris (Ordinateur)

3°) Relaxation, Lit, Fatigue, Rêve, Sieste, Couverture (Dormir)

4°) Beurre, Nourriture, Manger, Sandwich, Seigle, Confiture (Pain)

5°) Sommet, Vallée, Glacier, Ski, Monter, Chaîne (Montagne)

6°) Neige, Chapeau, Glace, Hiver, Gel, Trembler (Froid)

7°) Note, Son, Piano, Chant, Mélodie, Radio (Musique)

## **Annexe C : Stimuli utilisés pour les tâches de production et de jugement de synonymes (Études 1, 2A et 2B)**

Pour la tâche de production des synonymes, seuls les premiers mots de chaque paire ont été utilisés. Pour la tâche de jugement de synonymes, les paires ont été utilisées. Les paires de synonymes fausses sont indiquées en rouge.

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1°) Gravir – Monter                | 16°) <b>Lever – Peser</b>          |
| 2°) <b>Boutique – Présent</b>      | 17°) Sympathique – Plaisant        |
| 3°) Chaumière – Maison             | 18°) <b>Bucolique – Lumineux</b>   |
| 4°) <b>Torride – Usant</b>         | 19°) Punir – Sanctionner           |
| 5°) Chanson – Musique              | 20°) <b>Chuchoter – Dessiner</b>   |
| 6°) <b>Habiter – Dormir</b>        | 21°) Excité – Enthousiaste         |
| 7°) Admirer – Adorer               | 22°) <b>Irritant – Descendant</b>  |
| 8°) <b>Ardu – Joyeux</b>           | 23°) Pénible – Difficile           |
| 9°) Demander - Questionner         | 24°) <b>Contempler – Deviner</b>   |
| 10°) <b>Bicyclette – Patinette</b> | 25°) Sentier – Route               |
| 11°) Couper – Tailler              | 26°) <b>Tourmenté – Apaisé</b>     |
| 12°) <b>Jardin – Porte</b>         | 27°) Demeure – Maison              |
| 13°) Annoncer – Dire               | 28°) <b>Godillot – Conserve</b>    |
| 14°) <b>Livre – Armoire</b>        | 29°) Noyer – Submerger             |
| 15°) Navire – Bateau               | 30°) <b>Récipients – Bâtiments</b> |

## Annexe D : Stimuli utilisés pour les tâches de production et de jugement d'hyperonymes (Études 1, 2A et 2B)

Pour faciliter la lecture, seule la première phrase a été écrite en entier dans cette annexe. Pour la tâche de production d'hyperonymes, la catégorie n'était pas indiquée. Lors de la tâche de jugement d'hyperonymes, tous les stimuli étaient présentés sous forme de phrase. Les stimuli en rouge correspondent aux phrases fausses.

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1°) Un caniche appartient à la catégorie des chiens. | 15°) Un immeuble – habitations        |
| 2°) <b>Un vautour – objets</b>                       | 16°) <b>La salsa – court-métrages</b> |
| 3°) Une table – meubles                              | 17°) Un débardeur – vêtements         |
| 4°) <b>Un sapin – gâteaux</b>                        | 18°) <b>Un cordonnier – jouets</b>    |
| 5°) Une tulipe – fleurs                              | 19°) Une tisane – boissons            |
| 6°) <b>Une sandale – plats</b>                       | 20°) <b>Un macaroni – glaces</b>      |
| 7°) Une poupée – jouets                              | 21°) Une besace – sacs                |
| 8°) <b>Un train – chapeaux</b>                       | 22°) <b>Un pendentif – montres</b>    |
| 9°) Une endive – légumes                             | 23°) Le curcuma – épices              |
| 10°) <b>Un marteau – moyens de communication</b>     | 24°) <b>L'équitation – bateaux</b>    |
| 11°) Une aquarelle – peintures                       | 25°) Une tasse – couverts             |
| 12°) <b>Une jument – crustacés</b>                   | 26°) <b>Un sorbet – paysages</b>      |
| 13°) Une clémentine – fruits                         | 27°) Un roman – livres                |
| 14°) <b>La moutarde – sucreries</b>                  | 28°) <b>Un colin – rapaces</b>        |
|  | 29°) Une écrevisse – crustacés        |
|  | 30°) <b>Un macaron – couleurs</b>     |

## **Annexe E : Stimuli utilisés lors de la tâche de similarité perceptive (Études 1, 2A et 2B)**

Les paires de mots en rouge correspondent aux stimuli utilisés pour la condition fausse.

- 1°) Râteau – Râteau
- 2°) **Courgette – Bretzel**
- 3°) Éléphant – Éléphant
- 4°) **Riz – Loup**
- 5°) Verre – Verre
- 6°) **Ananas – Ouistiti**
- 7°) Liquide – Liquide
- 8°) **Canard – Poubelle**
- 9°) Jeux – Jeux
- 10°) **Coussin – Asperge**
- 11°) Ampoule – Ampoule
- 12°) **Téléphone – Cuillère**
- 13°) Tasse – Tasse
- 14°) **Couteau – Aspirateur**
- 15°) Poivre – Poivre
- 16°) **Fromage – Écharpe**

## Annexes F : Résultats du pré-test pour l'Étude 1

### 1 - Tableau de moyennes du subtest *Compréhension*

	Compréhension	
	Littérale	Inférentielle
FC	0.71 (0.21)	0.53 (0.07)
MC	0.81 (0.16)	0.73 (0.05)
BC	0.92 (0.09)	0.88 (0.05)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

### 2 – Tableau de moyennes

	Production					Tâche de
	Thème général	Prod_Syn	Prod_Hyp	Jug_Syn	Jug_Hyp	similitudes (en ms)
FC	0.76	0.50	0.66	0.77	0.85	1386
	(0.19)	(0.20)	(0.28)	(0.18)	(0.17)	(601)
MC	0.77	0.52	0.79	0.82	0.88	1249
	(0.17)	(0.22)	(0.20)	(0.13)	(0.12)	(438)
BC	0.75	0.48	0.78	0.78	0.87	1033
	(0.15)	(0.23)	(0.17)	(0.10)	(0.12)	(256)

*Note.* Prod Syn : Production de synonymes ; Prod Hyp : Production d'hyperonymes ; Jug Syn : Jugement de synonymes ; Jug Hyp : Jugement d'hyperonymes. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

**Annexe G : Résultats à la tâche de validation de phrases pour les phrases faciles en fonction de la Véracité et du Niveau de compréhension (Étude 1)**

	Véracité							
	Vrai				Faux			
	Sans Interférence	Avec Interférence	Sans Apprentissage	Total	Sans Interférence	Avec Interférence	Sans Apprentissage	Total
BC	0.82 (0.12)	0.76 (0.16)	0.67 (0.17)	0.75 (0.16)	0.77 (0.16)	0.69 (0.19)	0.65 (0.15)	0.71 (0.17)
MC	0.85 (0.14)	0.78 (0.17)	0.64 (0.18)	0.76 (0.19)	0.75 (0.17)	0.69 (0.21)	0.66 (0.20)	0.70 (0.20)
FC	0.81 (0.14)	0.75 (0.18)	0.60 (0.15)	0.72 (0.18)	0.68 (0.21)	0.74 (0.21)	0.56 (0.18)	0.66 (0.21)

	Apprentissage			
	Sans Interférence	Avec Interférence	Sans Apprentissage	Total
BC	0.80 (0.14)	0.73 (0.18)	0.66 (0.16)	0.73 (0.17)
MC	0.80 (0.17)	0.74 (0.20)	0.65 (0.19)	0.73 (0.19)
FC	0.74 (0.19)	0.74 (0.19)	0.58 (0.17)	0.69 (0.20)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

## Annexe H : Résultats du pré-test pour les Études 2A (FC) et 2B (BC)

### 1 - Tableau de moyennes du subtest *Compréhension*

	Compréhension	
	Littérale	Inférentielle
FC	0.75 (0.16)	0.60 (0.07)
BC	0.88 (0.13)	0.85 (0.06)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

### 2 – Tableau de moyennes

	Production thème général	Prod_Syn	Prod_Hyp	Jug_Syn	Jug_Hyp	Tâche de similitudes (en ms)
FC	0.73 (0.16)	0.42 (0.21)	0.68 (0.25)	0.72 (0.16)	0.86 (0.13)	1452 (709)
BC	0.83 (0.15)	0.54 (0.20)	0.72 (0.23)	0.79 (0.20)	0.91 (0.09)	1132 (724)

*Note.* Prod Syn : Production de synonymes ; Prod Hyp : Production d'hyperonymes ; Jug Syn : Jugement de synonymes ; Jug Hyp : Jugement d'hyperonymes. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

## Annexe I : Résultats du subtest *Compréhension* pour l'Étude 3

	Compréhension	
	Littérale	Inférentielle
FC	0.75 (0.16)	0.60 (0.07)
BC	0.88 (0.13)	0.85 (0.06)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.



## Annexe J : Stimuli utilisés pour la phase de tests de l'Étude 3

Objets petits sonores	Objets petits silencieux
Aspirateur à main	Ampoule
Batteur	Bougie
Carillon	Calculatrice
Casque	Carafe
Console	Chaussure
Enceinte portable	Coussin
Flûte	Livre
Micro	Lunettes de soleil
Perceuse	Miroir
Radio	Prise électrique
Rasoir électrique	Rouge à lèvres
Réveil	Savon
Sèche-cheveux	Stylo
Sifflet	Tasse
Téléphone	Tournevis
Voiture télécommandée	Trousse

Objets grands sonores	Objets grands silencieux
Aspirateur	Armoire
Avion	Banc
Batterie	Barrière
Douche	Bibliothèque
Guitare	Bureau
Haut-parleur	Cage de football
Hélicoptère	Canapé
Imprimante	Couette
Machine à laver	Echelle
Marteau piqueur	Fauteuil
Moto	Lampadaire
Piano	Lit
Télévision	Rideaux
Tondeuse	Statue
Tracteur	Table
Voiture	Tente

## Annexe K : Résultats du subtest *Compréhension* pour l'Étude 4

	Compréhension	
	Littérale	Inférentielle
FC	0.79 (0.13)	0.58 (0.12)
BC	0.95 (0.10)	0.95 (0.04)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

## Annexe L : Questionnaire d'Edimbourg (Oldfield, 1971) traduit et utilisé pour l'Étude 5

**Consigne :** Indiquez quelle main vous préférez utiliser dans les activités suivantes en mettant « + » dans la colonne correspondante. Lorsque votre préférence est si importante que vous n'utiliseriez l'autre main que si vous ne pouviez pas faire autrement, mettez « ++ ». Dans le cas où une tâche ou un geste est réalisé indifféremment des deux mains, mettez « + » dans les deux colonnes.

Certaines activités nécessitent les deux mains. Dans ce cas, indiquez quelle main vous préférez utiliser pour la précision indiquée entre parenthèses.

Activités	Main Gauche	Main Droite
Ecrire		
Dessiner		
Lancer (un objet ou une balle)		
Tenir une paire de ciseaux		
Se brosser les dents		
Tenir un couteau (sans fourchette)		
Tenir un balai (main supérieure)		
Tenir une cuillère		
Allumer une allumette (la main tenant l'allumette)		
Ouvrir une boîte (la main tenant le couvercle)		

## Annexe M : Résultats du subtest *Compréhension* pour l'Étude 5

	Compréhension	
	Littérale	Inférentielle
FC	0.71 (0.25)	0.55 (0.10)
MC	0.89 (0.13)	0.79 (0.09)
BC	0.96 (0.07)	0.91 (0.05)

*Note.* Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

## Annexe N : Stimuli utilisés pour l'Étude 5

### 1 – Stimuli utilisés pour les tâches d'induction

Les items en gras sont les items servant d'exemple.

Aluminium	Elastique
<b>Baguette</b>	<b>Essuie-tout</b>
Balle de tennis	Feuille de papier
Canne	Fourchette
Carte à jouer	Journal
Carton	Parapluie
Chaussure	Pâte à modeler
Cintre	Sac à dos
Corde	Seau
Couteau suisse	Stylo
<b>Ecouteur</b>	Téléphone

## 2 – Stimuli utilisés pour les tâches de catégorisation

Les items en gras correspondent aux items servant d'exemple.

Objets manipulables	Objets non manipulables
Agrafeuse	Alarme incendie
<b>Arrosoir</b>	Antenne
Aspirateur à main	Arrêt de bus
Assiette	Avion
Balais	Banc
Ballon	<b>Bibliothèque</b>
Bougie	Borne de pompier
Bouteille d'eau	Bouche d'aération
Brosse à cheveux	Bouche d'égout
Brosse à dents	Cage de football
Carafe	Canapé
Casquette	Chauffe-eau
Ciseaux	Compteur électrique
Compas	Eolienne
Cuillère	Escalator
Dés	Fauteuil
<b>Extincteur</b>	Feu tricolore
Fouet	Fontaine
Gomme	Haut-parleur
Lampe torche	Horloge
Marteau	Hotte de cuisine
Pince à linge	Lampadaire
Pinceau	Lit
Poêle	Miroir
Poignée	Néon
Raquette	Parabole
Salière	Prise électrique
Spatule	Radiateur
Tasse	Sortie de secours
Télécommande	Statue
Tournevis	Table
Trombone	<b>Tableau</b>
Trousse	Télévision
Valise	Tonneau

## Animaux

---

Abeille	Loup
Ane	Marmotte
Antilope	<b>Mouche</b>
Autruche	Mouette
Baleine	Mouton
Bouquetin	Narval
Canard	Oie
Chat	Orang-outan
Cheval	Orque
<b>Chien Bulldog</b>	Ours Blanc
Chien Husky	Ours Brun
Coccinelle	Paon
Cochon	<b>Papillon Bleu</b>
Coq	Papillon Noir
Corbeau	Pélican
Crevette	<b>Perroquet Jaune</b>
Dauphin	Perroquet Rouge
Dromadaire	Perruche
Ecureuil	Phoque
Eléphant	Pigeon
Fourmis	Pingouin
Girafe	Poisson Clown
Gorille	Poule
Grenouille	Poulpe
Hamster	Renard
Hérisson	Renne
Hibou	Rhinocéros
Hippopotame	Sanglier
Homard	Souris
Koala	Taupe
Lapin	Tigre
Lémurien	Tortue
Lézard	Vache
Lion	Zèbre

## Annexe O : Tableaux des moyennes observés pour l'Étude 5

### 1 – Résultats obtenus pour les participants de la condition Motrice-Contrôle

	Position de la main						Induction						Type d'objets		
	Balle dans la main			Main sur la table			Motrice			Contrôle			Non		
	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total	Manip	Non manip	Total
FC	1030 (230)	1121 (244)	1076 (238)	1010 (240)	1045 (269)	1028 (252)	1122 (249)	1194 (283)	1158 (265)	918 (163)	972 (170)	945 (166)	1020 (232)	1083 (255)	1052 (244)
MC	1031 (305)	1040 (294)	1036 (297)	1005 (267)	1073 (313)	1039 (291)	1065 (285)	1136 (325)	1100 (305)	972 (281)	977 (258)	975 (267)	1018 (284)	1057 (302)	1038 (293)
BC	1057 (272)	1065 (254)	1061 (256)	1026 (187)	1027 (300)	1026 (243)	993 (238)	999 (249)	996 (237)	1090 (218)	1093 (297)	1091 (254)	1041 (228)	1046 (271)	1043 (247)
Total	1035 (276)	1067 (272)	1051 (273)	1010 (244)	1058 (295)	1034 (271)	1068 (267)	1128 (304)	1098 (287)	978 (246)	996 (244)	987 (244)	1023 (260)	1062 (283)	1042 (272)

Notes. Manip : Manipulable ; Non manip : Non manipulable. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.

2 – Résultats obtenus pour les participants de la condition Contrôle-Motrice

	Position de la main						Induction						Type d'objets		
	Balle dans la main			Main sur la table			Motrice			Contrôle			Non		
	Manip	non manip	Total	Manip	non manip	Total	Manip	non manip	Total	Manip	non manip	Total	Manip	non manip	Total
FC	946 (302)	959 (313)	952 (304)	935 (350)	984 (341)	959 (342)	854 (248)	871 (269)	862 (256)	1028 (370)	1071 (347)	1049 (355)	941 (323)	971 (323)	979 (296)
MC	778 (192)	783 (150)	780 (171)	794 (196)	829 (196)	812 (195)	728 (174)	749 (163)	739 (167)	845 (194)	862 (170)	853 (181)	786 (192)	806 (174)	820 (231)
BC	887 (274)	909 (245)	898 (254)	935 (253)	925 (268)	930 (255)	862 (228)	837 (154)	849 (190)	961 (288)	997 (307)	979 (292)	911 (259)	917 (251)	887 (251)
Total	859 (259)	870 (246)	864 (251)	872 (274)	902 (373)	887 (273)	799 (219)	810 (209)	804 (213)	932 (291)	962 (283)	947(286)	865 (265)	886 (259)	876 (262)

Notes. Manip : Manipulable ; Non manip : Non manipulable. Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses.