

Thèse de doctorat
de l'Université Sorbonne Paris Cité
Préparée à l'Université Paris Diderot
École doctorale n° 132 : Sciences du Langage
Laboratoire CLILLAC-ARP, EA 3967

Effets d'entrainements explicites et implicites sur l'acquisition de la syntaxe de l'anglais par des apprenants francophones : étude en potentiels évoqués

Maud PÉLISSIER

Thèse de doctorat en linguistique anglaise

Dirigée par Agnès CELLE et Emmanuel FERRAGNE

Présentée et soutenue publiquement à Paris le 29 novembre 2018

Jury

Mme Agnès CELLE	PR, Université Paris Diderot	Directrice
M. Emmanuel FERRAGNE	MCF, Université Paris Diderot	Directeur
Mme Heather HILTON	PR, Université Lumière Lyon 2	Rapporteure
M. Frédéric ISEL	PR, Université Paris Nanterre	Rapporteur
Mme Laurence VINCENT-DURROUX	PR, Université de Grenoble	Présidente

Résumé

Dans cette thèse, nous examinons l'effet de différentes conditions d'apprentissage sur l'évolution des mécanismes neurocognitifs utilisés par des apprenants francophones pour traiter l'anglais L2, grâce à des mesures comportementales (jugements d'acceptabilité) et électrophysiologiques (potentiels évoqués). Deux types d'entraînement reflétant deux situations d'apprentissage ont été comparés : en immersion (apprentissage implicite) ou par l'instruction (apprentissage explicite).

Deux expériences ont été réalisées. Dans la première (E1), nous avons étudié l'effet des entraînements sur le traitement de violations morphosyntaxiques dont le fonctionnement était similaire ou conflictuel avec la L1. Dans la deuxième (E2), nous avons cherché à réduire le biais en faveur d'un traitement explicite induit par la présence de violations, en étudiant le traitement d'anomalies syntaxiques temporaires provoquées par la prosodie.

Les résultats montrent des effets bénéfiques pour les deux types d'entraînement. L'apprentissage explicite présente un léger avantage pour le traitement de la structure conflictuelle, et a permis dans E2 de réduire l'impact des aptitudes individuelles. E1 a confirmé l'influence de l'attention portée à la correction grammaticale sur les réponses en potentiels évoqués. Dans E2, l'entraînement implicite était associé à un traitement plus rapide et plus automatique des incongruités.

Ce travail confirme que les conditions d'apprentissage modifient le traitement de la L2 même dans un temps court chez des apprenants intermédiaires, mais souligne l'importance de réduire les biais en faveur d'un apprentissage explicite inhérents au paradigme EEG.

Mots-clés: acquisition d'une langue seconde ; potentiels évoqués ; explicite ; implicite ; entraînements

Abstract

This work examines the effect of learning conditions on the evolution of the neurocognitive mechanisms used by French speakers to process a second language (English). We used behavioural (acceptability judgments) and electrophysiological (event-related potentials) measures. Two types of training were compared, designed to reflect two learning situations : through exposure (implicit learning) or instruction (explicit learning).

Two experiments were conducted. In the first one (E1), we studied how our trainings affected the processing of morphosyntactic violations working in a similar or conflictual way in the L2 and L1 of our participants. In the second experiment (E2), we tried to reduce the bias towards explicit learning entailed by the presence of violations, by studying how learners process temporary syntactic anomalies triggered by prosody-syntax mismatches.

Results show a beneficial effect for both types of training. Explicit learning proved to be slightly more effective in improving the processing of a conflictual structure. In E2 it reduced the impact of individual abilities. E1 confirmed that the level of attention to grammaticality affects the nature and amplitude of ERP components. In E2, implicit training was linked to a faster and more automatic processing of incongruities.

This research confirms that learning conditions can affect L2 processing even in a short time and for intermediate learners, but underlines the importance of reducing the biases towards explicit processing that are inherent to the EEG violation paradigm.

Keywords: second language acquisition ; event-related potentials ; explicit ; implicit ; training

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à un contrat doctoral spécifique pour normaliens de l'École Normale Supérieure de Cachan. Les deux expériences ont été financées par l'I.U.F. accordé à Emmanuel Ferragne et l'Axe 1 - Complexité phonétique et phonologique du Labex EFL (Empirical Foundations of Linguistics).

Mes premiers remerciements vont à Emmanuel Ferragne, qui m'a toujours encouragée à faire le plus plutôt que le moins. Merci de m'avoir sans cesse poussée à faire de mon mieux. Le stress de cette thèse a été considérablement réduit par la certitude que je pouvais toujours compter sur tes conseils et tes encouragements, et je n'aurais pu rêver de meilleur encadrement. Merci également à Agnès Celle d'avoir accepté de diriger cette thèse dans un domaine si différent du sien, et de m'avoir fait confiance pour la réalisation de ce travail.

Je remercie les professeurs Heather Hilton, Frédéric ISEL et Laurence Vincent-Durroux de m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury.

Merci au personnel académique, administratif et technique de l'UFR Études Anglophones de Paris 7 et de CLILLAC-ARP pour leur aide précieuse.

Merci également aux membres du laboratoire DDL à Lyon qui ont fait de mon année passée parmi eux l'une des plus enrichissantes de ma thèse, et grâce à qui j'ai pu réaliser mes premiers EEGs. Un grand merci en particulier à Jen, qui m'a initiée à cette technique, et m'a prise sous son aile à mon arrivée à Lyon.

Cette thèse n'aurait pas pu avoir lieu sans le concours de mes participants, inconnus ou anciens élèves, qui ont accepté de se soumettre à des séances d'expérimentations répétitives et fatigantes, et je leur en suis extrêmement reconnaissante.

Merci aux chasseurs de coquilles, Camille, Hélène, Romain, Yaelle et Véro.

Merci au bureau 752 pour son soutien et ses innombrables gouters.

Thanks to the #825 team and in particular to my favourite hippos, for your unwavering support, for being my #1 fans and for all the wonderful moments spent in and out of the lab. You've made the hard times easier, and I don't know what I would do without you all!

Je ne serais pas venue à bout de cette thèse sans le soutien indéfectible de mes proches. Merci en particulier à l'équipe poitevine de m'avoir vidé la tête à coup de trek à un mois de la fin ; aux Irlandaises, qui me donnent l'occasion d'évacuer mon stress dans une ambiance incroyable depuis deux ans ; et à l'équipe cachanaise, toujours présente pour organiser des gouters et me remonter le moral.

Un merci tout particulier à ma terrible twin d'avoir été à mes côtés pour tous les hauts et les bas de ces quatre années, et d'en avoir accompagné chaque moment par des activités adaptées, des séances de yoga au ménage en passant par Bali.

Enfin, merci à ma famille, et en particulier à mes parents, qui m'ont encouragée tout au long de mon parcours universitaire, même lors de mes changements de cap. Surtout, merci à Choupi d'apprendre mes mots-clefs et de rire à toutes mes blagues.

Table des matières

Table des figures	xiii
Liste des tableaux	xvii
Avant-Propos	xxi
1 Introduction Générale	1
1.1 L'acquisition d'une deuxième langue : un champ vaste aux questionnements et méthodes multiples	1
1.2 Objectifs de cette thèse	3
1.2.1 Objectif général	3
1.2.2 Objectifs des expériences réalisées	4
1.2.3 Intérêt	4
1.3 Plan de la thèse	5
1.4 Quelques définitions préalables	6
1.4.1 Apprentissage explicite, implicite et fortuit	6
1.4.2 Connaissances implicites et explicites	7
1.4.3 Types de mémoire	7
I Apprentissage implicite et explicite d'une deuxième langue	11
2 L'acquisition d'une deuxième langue : un processus implicite ou explicite ?	13

2.1	L'apprentissage d'une L2 est-il similaire à celui de la L1 ?	14
2.1.1	L'apprentissage d'une langue maternelle est implicite	14
2.1.2	L'apprentissage d'une deuxième langue : des mécanismes similaires à ou différents de la L1 ?	17
2.1.3	Des mécanismes partiellement similaires : le modèle Déclaratif / Procédural	19
2.2	Objet et nature de l'apprentissage en L2	23
2.2.1	Peut-on apprendre la syntaxe d'une deuxième langue de manière implicite ? Le rôle discuté de l'input	23
2.2.2	Effet de la L1 et modèles de transfert	30
2.3	Apprentissage de la L2 et nécessité de l'instruction	33
2.3.1	Nécessité de l'instruction : qu'est-ce qui est nécessaire ?	33
2.3.2	Efficacité de l'instruction	37
2.3.3	Quel rôle pour l'apprentissage explicite ?	44
2.4	Conclusion du chapitre	46
3	Des connaissances explicites ou implicites ?	47
3.1	Que sont les connaissances explicites et implicites ?	47
3.1.1	Différences entre connaissances explicites et implicites	48
3.1.2	Mise en pratique dans les expériences	50
3.1.3	Lien avec la compétence en L2	51
3.2	Le débat de l'interface	52
3.2.1	Les positions	52
3.2.2	Une influence indirecte des connaissances explicites ?	54
3.3	Mesurer les connaissances explicites et implicites	58
3.3.1	Mesures classiques	58
3.3.2	Difficultés	61
3.3.3	Autres mesures comportementales	62
3.4	Conclusion du chapitre	66
4	Comparer les connaissances explicites et implicites avec les potentiels évoqués	67

4.1	Intérêt et fonctionnement des potentiels évoqués	68
4.1.1	Que sont les potentiels évoqués ?	68
4.1.2	Intérêt pour le traitement du langage	69
4.1.3	Principales composantes pour le traitement du langage . .	71
4.2	Différences entre L1 et L2 dans les réponses en potentiels évoqués	76
4.2.1	L'âge d'acquisition	78
4.2.2	La compétence	79
4.2.3	Les différences individuelles	82
4.2.4	Récapitulatif	83
4.3	Potentiels évoqués et conditions d'apprentissage	83
4.3.1	Des composantes implicites ou explicites ?	84
4.3.2	Impact des conditions d'apprentissage	84
4.3.3	Langues artificielles et langues miniatures : les résultats peuvent ils être étendus à des langues naturelles ?	90
4.4	Synthèse et motivation des expériences de cette thèse	92
4.4.1	Observations	92
4.4.2	Questions de recherche générales	94
II	Expérience 1 : Effets d'entrainements explicite et implicite et de la similarité L1-L2 sur l'acquisition d'une structure morphosyntaxique de l'anglais L2	97
5	Acquisition et traitement de la morphosyntaxe en L2	99
5.1	Acquisition de la morphosyntaxe en L2	102
5.1.1	Un ou deux mécanismes de traitement ?	102
5.1.2	Un déficit de compétence ou de performance ?	104
5.2	Plusieurs facteurs influencent le succès de l'acquisition de la morphosyntaxe	106
5.2.1	Différences individuelles	106
5.2.2	Propriétés de l'input	108

5.2.3	Similarité entre première et deuxième langue	110
5.3	La morphologie des temps avec l'auxiliaire en français et en anglais	112
5.3.1	Utilisation des temps et aspects pour le passé en français et en anglais	112
5.3.2	Comparaison syntaxique des auxiliaires et temps composés en anglais et français	113
5.3.3	Le problème de l'acquisition	124
5.3.4	Récapitulatif : la structure cible	128
5.4	Questions de recherche	129
6	Méthodes	133
6.1	Participants	133
6.2	Matériel	139
6.2.1	Stimuli critiques	139
6.2.2	Distracteurs	141
6.2.3	Jugement de grammaticalité	142
6.2.4	Entrainements	143
6.2.5	Préparation des stimuli	145
6.3	Procédure	146
6.3.1	Session 1 : Pré-test	146
6.3.2	Session 2 à 4 : Entrainements	150
6.3.3	Session 5 : Post-test	151
6.4	Acquisition des données EEG	153
6.5	Analyses	154
6.5.1	Évaluation du niveau	154
6.5.2	Comportement	155
6.5.3	EEG	158
7	Résultats	165
7.1	Évaluation de la compétence des participants	166
7.1.1	Compréhension orale	166
7.1.2	Production orale	166

7.1.3	Évaluation de la maîtrise explicite de la grammaire : textes à trous	167
7.1.4	Questionnaire final	168
7.2	Jugement d'acceptabilité sémantique	172
7.2.1	Locuteurs natifs	172
7.2.2	Apprenants	172
7.2.3	Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs	173
7.3	Jugement d'acceptabilité grammaticale – Performance	175
7.3.1	Locuteurs natifs	175
7.3.2	Apprenants	176
7.3.3	Comparaison entre des apprenants et des locuteurs natifs	178
7.4	Jugement d'acceptabilité grammaticale – Temps de réponse	180
7.4.1	Locuteurs natifs	180
7.4.2	Apprenants	180
7.4.3	Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs	181
7.4.4	Mesures de stabilité et d'automatisation	182
7.5	Jugement d'acceptabilité grammaticale – Confiance et Source	183
7.5.1	Degré de confiance exprimé	183
7.5.2	Source de la décision	187
7.6	Potentiels évoqués	188
7.6.1	Natifs	188
7.6.2	Apprenants	191
7.6.3	Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs	197
7.6.4	Différences individuelles	198
8	Discussion	205
8.1	Effet de l'entraînement	206
8.2	Effet du type d'entraînement	208
8.3	Effet de similarité L1-L2	211
8.4	Développement des connaissances explicites et implicites	215
8.5	Conclusion	217

III Expérience 2 : Effets d'entrainements explicite et implicite sur l'acquisition du lien prosodie-syntaxe	219
9 Prosodie et résolution d'ambigüités syntaxiques	221
9.1 Traitement et prédiction syntaxique	222
9.1.1 Traitement syntaxique en temps réel en L1	222
9.1.2 Prédiction et résolution d'ambigüités syntaxiques en L2 . .	227
9.2 Utilisation des indices prosodiques pour le traitement de la syntaxe	230
9.2.1 Lien entre prosodie et syntaxe	231
9.2.2 Traitement des frontières prosodiques	236
9.2.3 Le traitement des frontières prosodiques reflété dans les potentiels évoqués	238
9.3 Acquisition du lien prosodie-syntaxe	240
9.3.1 Prosodie, syntaxe et acquisition	240
9.3.2 Une piste pour aider l'acquisition : liens entre prosodie et musique	243
9.4 Questions de recherche	247
10 Méthode	253
10.1 Participants	253
10.2 Matériel	257
10.2.1 Stimuli critiques	257
10.2.2 Distracteurs	262
10.2.3 Entrainement explicite	264
10.2.4 Entrainement implicite	268
10.2.5 Post-test en ligne	269
10.2.6 Préparation des stimuli	269
10.3 Procédure	270
10.3.1 Questionnaire initial	271
10.3.2 Expérience EEG	271
10.3.3 Entrainement	272

10.3.4 Post-test en ligne	273
10.4 Acquisition des données EEG	273
10.5 Analyses	274
10.5.1 Évaluation du niveau	274
10.5.2 Réponses comportementales	275
10.5.3 EEG	275
10.5.4 Analyses statistiques	276
11 Résultats	281
11.1 Données comportementales	281
11.1.1 Tests de compétence	281
11.1.2 Jugement d'acceptabilité – Classement	282
11.1.3 Jugement d'acceptabilité – Temps de réponse	286
11.1.4 Entrainements	290
11.1.5 Questionnaire post-test à J+7	291
11.2 Potentiels évoqués	292
11.2.1 Effets de frontières	292
11.2.2 Effets de <i>garden-path</i>	307
11.2.3 Analyse des distracteurs	326
12 Discussion	331
12.1 Traitement des frontières	332
12.2 Effets de <i>garden-path</i>	334
12.2.1 P600 en condition D	334
12.2.2 N400 et P600 en condition C	338
12.3 Effets de l'entraînement	342
12.4 Effet du type d'entraînement	343
12.5 Conclusion	347
Discussion Générale	351
Conclusion	359

Glossaire	365
Bibliographie	371
Annexes	417
A Principales aires impliquées dans le traitement du langage	417
B Questionnaire d'historique d'apprentissage des langues pour les apprenants	419
C Questionnaire d'historique d'apprentissage des langues pour les locuteurs natifs	425
D Expérience 1 : Liste des stimuli critiques	429
E Expérience 1 : Grille de codage pour l'annotation des productions orales	433
F Expériences 1 & 2 : Textes à trous	435
G Expérience 1 : Questionnaire final pour le groupe Explicite	441
H Expérience 1 : Questionnaire final pour le groupe Implicite	443
I Expérience 2 : Liste des stimuli critiques	445

Table des figures

1.1	Modèle de Baddeley	9
3.1	Représentation schématique des trois grandes positions sur le débat de l'interface	55
3.2	Représentation de la théorie d'une influence indirecte des connaissances explicites sur les connaissances implicites	57
4.1	Modèle de traitement auditif du langage d'après Friederici (2002) . .	77
6.1	Langues par ordre d'acquisition	135
6.2	Langues par ordre de dominance	136
6.3	Niveau auto-évalué par type de compétence	136
6.4	Importance de différents facteurs pour l'acquisition de et l'exposition à l'anglais évaluée par les apprenants	138
6.5	Procédure de présentation des stimuli	149
6.6	Procédure du jugement de grammaticalité du pré-test	149
6.7	Procédure du jugement de grammaticalité du post-test	152
6.8	Position des électrodes pour le système BioSemi ActiveTwo à 32 électrodes	154
6.9	Distribution du <i>d'</i> chez les locuteurs anglophones	162
7.1	Répartition des réponses des participants selon l'exactitude des règles données ou restituées	169
7.2	Utilisation rapportée des connaissances et de l'intuition à l'écrit . .	170
7.3	Utilisation rapportée des connaissances et de l'intuition à l'oral . . .	171
7.4	Performance des apprenants au jugement d'acceptabilité sémantique	174
7.5	<i>d'</i> Grammatical et Sémantique par Groupe et par Session de test . .	175
7.6	Performance au jugement de grammaticalité par Grammaticalité du stimulus, Groupe et Session	178
7.7	Temps de réponse en fonction de la Grammaticalité, du Groupe et de la Session pour les apprenants	181

7.8 Proportion de réponses exprimées et performance en fonction du degré de confiance	185
7.9 Temps de réponse en fonction du degré de confiance exprimé	186
7.10 Proportion de réponses exprimées et performance par source de la décision	187
7.11 Potentiels évoqués en réponse aux violations pour les locuteurs natifs de l'anglais	189
7.12 Potentiels évoqués en réponse aux violations pour les apprenants du groupe de compétence Élevée au pré-test	192
7.13 Potentiels évoqués en réponse aux violations avec <i>Had</i> pour les apprenants au post-test	196
7.14 Relation entre la magnitude des effets N400 et P600 pour les locuteurs natifs	198
7.15 Relation entre le RDI et le <i>d'</i> chez les locuteurs natifs	199
7.16 Potentiels évoqués en réponse aux violations pour les locuteurs natifs de l'anglais en fonction du RDI	201
7.17 Magnitude de l'effet (RMI) en fonction du Groupe, de la Compétence et de la Session	203
 10.1 Niveau auto-évalué par type de compétence	256
10.2 Importance de différents facteurs pour l'acquisition à l'anglais évaluée par les apprenants	257
10.3 Durée des segments des stimuli critiques par Condition	261
10.4 Intensité des segments des stimuli critiques par Condition	262
10.5 Fréquence fondamentale (<i>f₀</i>) moyenne et minimale des segments des stimuli critiques par Condition	263
10.6 Procédure de présentation des stimuli	272
10.7 Position des électrodes pour le système actiCHamp à 64 électrodes . .	274
10.8 Distribution du <i>d'</i> chez les locuteurs anglophones	277
10.9 Distribution du <i>d'</i> chez les apprenants par Session	278
 11.1 Proportion de phrases classées comme naturelle par Condition	283
11.2 Proportion de phrases classées comme Correctes par les apprenants par Groupe, Session, Structure et Prosodie	286
11.3 Temps de réponse selon le Classement et la Prosodie pour les locuteurs natifs	288
11.4 Temps de réponse en fonction de la Condition et du Classement pour les apprenants	289
11.5 Performance à l'entraînement par Session et par Groupe	290
11.6 Performance en fonction de la Condition lors du Post Test à J+7 . .	291

11.7 Performance en fonction de la Condition et du Groupe lors du Post Test à J+7	292
11.8 Potentiels évoqués par la première frontière prosodique	294
11.9 Effet de Groupe sur l'amplitude de la CPS à la première frontière	300
11.10 Potentiels évoqués par la deuxième frontière prosodique	301
11.11 Potentiels évoqués par l'effet de <i>garden-path</i> en condition D	308
11.12 Amplitude en fonction de la Condition, Compétence, Région, et du Groupe pour la P600 dans les conditions A et D (frontière manquante) chez les apprenants aux électrodes latérales	311
11.13 Amplitude en fonction de la Condition, Compétence, Région, du Groupe et de l'Hémisphère entre 200 et 650 ms dans les conditions B et C (frontière superflue) chez les apprenants aux électrodes latérales	315
11.14 Potentiels évoqués par l'effet de <i>garden-path</i> en condition C	316
11.15 Amplitude en fonction de la Condition, Session, Compétence, Région, et Hémisphère pour la P600 dans les conditions C et B (frontière superflue) chez les apprenants aux électrodes de la ligne médiale	319
11.16 Amplitude en fonction de la Condition, Session, Compétence, Région, et Hémisphère pour la P600 dans les conditions C et B (frontière superflue) chez les apprenants aux électrodes de la ligne latérale	321
11.17 Potentiels évoqués par l'effet de <i>garden-path</i> en condition C par groupe de compétence	323
11.18 Effet de Compétence sur l'amplitude de la P600 pour la frontière prosodique superflue au pré-test	324
11.19 Effet de la Compétence sur l'amplitude de la P600 pour la frontière prosodique superflue en fonction du Groupe au post-test	326
11.20 Effet de la Compétence sur l'amplitude de la P600 pour la frontière prosodique superflue en fonction du Groupe au pré-test	327
11.21 Potentiels évoqués par les incongruités prosodiques dans les distracteurs	328
A.1 Hémisphère gauche - Face latérale	418
A.2 Hémisphère droit - Face médiale	418

Liste des tableaux

1.1	Caractéristiques distinctives des types d'apprentissage	7
2.1	Principales différences entre théories génératives et basées sur l'usage	29
2.2	Efficacité de l'instruction en fonction de la complexité de la règle d'après DeKeyser (2003)	41
3.1	Récapitulatif des différences entre connaissances implicites et explicites. Tableau adapté et enrichi d'après Ellis (2005b)	49
3.2	Mesures de connaissances explicites et implicites utilisées dans les études avec entraînements référencées dans ce travail	65
5.1	Hypothèses concernant les réponses en potentiels évoqués après entraînement	132
6.1	Nombre d'individus et âge moyen par groupe	134
6.2	Réponses au questionnaire sur l'historique d'acquisition de l'anglais .	137
6.3	Nombre de stimuli par condition	140
6.4	Nombre de distracteurs syntaxiques par condition	141
6.5	Classification des réponses selon la théorie de la détection du signal .	155
6.6	Classification des réponses pour le <i>d'</i> de confiance	155
6.7	Répartition des électrodes par région d'intérêt	160
7.1	Score au test de compréhension orale par Groupe	166
7.2	Proportion des verbes de chaque type utilisés dans la production orale	167
7.3	Performance des locuteurs natifs au jugement d'acceptabilité sémantique	172
7.4	Performance des apprenants au jugement d'acceptabilité sémantique .	173
7.5	Proportion moyenne d'items critiques classés comme sémantiquement acceptables par Grammaticalité, Auxiliaire, Session et Groupe	173
7.6	Performance moyenne au jugement d'acceptabilité sémantique sur les aspects Grammatical et Sémantique au pré-test	174

7.7	Performance moyenne au jugement d'acceptabilité sémantique sur les aspects Grammatical et Sémantique au post-test	175
7.8	Probabilité de répondre correctement au jugement de grammaticalité en fonction de la Grammaticalité, de la Session, du Groupe et de l'Auxiliaire	177
7.9	Temps de réponse moyen en fonction de l'Exactitude de la réponse pour les locuteurs natifs	180
7.10	Performance par degré de confiance exprimé pour chaque Groupe . .	184
7.11	Temps de réponse par Groupe et degré de confiance (ms)	186
7.12	Performance par source de la décision pour chaque groupe	188
7.13	Résultats des analyses dans la fenêtre 200-400 ms pour les apprenants	193
7.14	Résultats des analyses dans la fenêtre 500-900 ms pour les apprenants	195
7.15	Expérience 1 : Récapitulatif des résultats en potentiels évoqués . . .	197
9.1	Hiérarchie prosodique d'après Selkirk (1996)	231
10.1	Nombre d'individus et âge moyen par groupe	254
10.2	Réponses des apprenants au questionnaire sur l'historique d'acquisition de l'anglais	258
10.3	Exemple de stimuli pour les quatre conditions expérimentales	259
10.4	Découpage des stimuli en segments pour les analyses acoustiques . .	260
10.5	Exemple de stimuli correspondant à chaque condition critique et points de synchronisation	270
10.6	Catégorisation des réponses selon la théorie de la détection du signal	275
10.7	Régions d'intérêt pour l'Expérience 2	276
10.8	Nombre de participants et d' moyen par groupe de compétence pour les apprenants	279
11.1	Pourcentage moyen de phrases acceptées par les locuteurs natifs par structure syntaxique et congruence de la prosodie	282
11.2	Pourcentage moyen de stimuli classés comme naturels par Condition et par Session	284
11.3	Différence de classement des stimuli selon la Condition, la Session et le Groupe pour les apprenants	285
11.4	Temps de réponse moyen par Condition et réponse comportementale pour les locuteurs natifs	287
11.5	Temps de réponse moyen par Condition et réponse comportementale pour les apprenants	287
11.6	Performance moyenne par Groupe et par Condition sur le post-test retardé	291

11.7 Résultats des analyses pour la première CPS chez les locuteurs anglophones natifs	293
11.8 Résultats des tests post-hoc pour la première CPS chez les locuteurs natifs	293
11.9 Résultats des analyses pour la première CPS chez les apprenants	295
11.10 Résultats des tests post-hoc sur l'interaction Condition × Session × Hémisphère × Compétence en région Centrale pour la première CPS chez les apprenants	297
11.11 Résultats des tests post-hoc sur l'interaction Condition × Hémisphère × Compétence × Groupe en région Centrale pour la première CPS chez les apprenants	298
11.12 Résultats des tests post-hoc en région postérieure pour la première CPS chez les apprenants	299
11.13 Résultats des analyses pour la deuxième CPS chez les locuteurs anglophones natifs	302
11.14 Résultats des tests post-hoc pour la deuxième CPS chez les locuteurs natifs	302
11.15 Résultats des analyses pour la deuxième CPS chez les apprenants	303
11.16 Résultats des analyses sur l'amplitude de la différence pour la deuxième CPS chez les apprenants	304
11.17 Résultats des analyses pour la négativité pré-CPS1 pour les apprenants	307
11.18 Résultats des analyses pour la négativité pré-CPS2 pour les apprenants	308
11.19 Résultats des analyses pour l'effet de <i>garden-path</i> entre A et D chez les apprenants	310
11.20 Résultats des analyses sur l'amplitude de la différence pour l'effet de <i>garden-path</i> entre A et D chez les apprenants	312
11.21 Résultats des analyses pour l'effet de <i>garden-path</i> dans les conditions C et B chez les apprenants entre 200 et 650 ms	313
11.22 Résultats des analyses sur l'amplitude de la différence pour l'effet de <i>garden-path</i> entre B et C chez les apprenants entre 250 et 600 ms	314
11.23 Résultats des analyses pour l'effet de <i>garden-path</i> pour la frontière superflue après le SV1 (conditions C vs. B) chez les locuteurs anglophones natifs	317
11.24 Résultats des analyses pour l'effet de <i>garden-path</i> dans les conditions C et B chez les apprenants entre 700 et 1300 ms	320
11.25 Résultats des analyses pour l'effet de <i>garden-path</i> sur la différence d'amplitude entre les conditions C et B chez les apprenants entre 700 et 1300 ms	322
11.26 Expérience 2 : Récapitulatif des résultats en potentiels évoqués	325
12.1 d' moyen par Groupe et Compétence	341

Avant-Propos

Avant de commencer, nous aimerions attirer l'attention des lecteurs sur quelques détails de forme dont la connaissance pourra faciliter la lecture de ce document.

Certains termes sont définis dans le Glossaire qui figure à la fin de ce manuscrit. Dans la version électronique, ils sont signalés par la couleur verte et associés à un lien hypertexte renvoyant directement à leur définition. Certains termes et abréviations en anglais ont été conservés tels quels, soit parce qu'il n'existe pas de réel équivalent en français (comme *intake* ou *chunk*), soit parce qu'ils sont fréquemment utilisés par la communauté de chercheurs (*input*, eye-tracking, l'abréviation ERP pour les potentiels évoqués ou *df* pour les degrés de liberté).

Ce travail a conduit à réaliser de nombreux calculs statistiques, en grande partie à l'aide de modèles linéaires à effets mixtes. Afin d'améliorer la lisibilité de ce document, les termes inclus dans la structure des effets aléatoires des différents modèles ne figurent pas toujours dans le texte. Lorsque c'est le cas, ils sont rapportés dans une Annexe disponible en ligne (deux documents séparés existent pour chacune des expériences) dans le dossier GitHub dédié à cette thèse et accessible à l'adresse <https://github.com/maudPE90/These>. Dans la version électronique de ce document, cliquer sur le numéro du Modèle ouvre directement le bon document, sous réserve de disposer d'un accès à internet.

Dans la Partie I, des aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage sont mentionnées. Afin d'éclairer les lecteurs non familiers avec l'anatomie cérébrale, des schémas représentant la face latérale et la face médiale du cortex cérébral sont présentés en Annexe A p. 417. Les principales aires auquel nous faisons référence y sont représentées.

Le séparateur décimal est le point, et non la virgule. Nous attirons également l'attention des lecteurs sur le fait que cette thèse respecte les conventions orthographiques de la réforme de l'orthographe de 1990. On remarquera notamment que l'accent circonflexe est supprimé des lettres « i » et « u », sauf dans les terminaisons verbales et pour désambiguer des homonymes : on écrira donc « entraînement », « maîtrise » ou « goût ».

Chapitre 1

Introduction Générale

Maitriser une langue étrangère n'est plus seulement un atout culturel mais un véritable prérequis sur le marché du travail : d'après un rapport du Céreq ([Chance-lade et al., 2016](#)), 67 % des recruteurs privilégient des candidats parlant plus d'une langue quel que soit le poste, et 45 % d'entre eux reconnaissent que les compétences en langues font la différence à dossier égal. Ces compétences se traduisent même en moyenne par un écart de plus de 400 € sur le salaire mensuel d'un cadre. Comprendre les mécanismes qui permettent d'apprendre efficacement des langues étrangères est donc de première importance, et a des applications directes dans l'enseignement de celles-ci.

1.1 L'acquisition d'une deuxième langue : un champ vaste aux questionnements et méthodes multiples

Lorsque l'on interroge des adultes sur leur expérience d'apprentissage de l'anglais à l'école, leur ressenti est rarement positif. Beaucoup déplorent un programme éloigné des notions de la vie quotidienne, et l'apprentissage de règles de grammaire dont ils ne perçoivent pas l'utilité. Bien que les méthodes d'enseignement de la grammaire aient beaucoup évolué, la question de savoir s'il faut même l'enseigner divise toujours le public et les professionnels. Au-delà de la grammaire, certains remettent même en cause le fait que l'on puisse enseigner une langue : une remarque fréquente chez les étudiants est qu'ils ne pourront acquérir leur deuxième langue (L2) qu'en partant dans un pays où cette langue est parlée. Un des chercheurs les plus influents du domaine de l'[Acquisition des Langues Seconde \(AL2\)](#)¹, Krashen (1982),

1. Bien qu'il existe une distinction théorique entre les termes de « langue seconde » et de « langue étrangère », le terme de « langue seconde » est fréquemment utilisé pour renvoyer à

serait peut-être de cet avis : pour lui, l'acquisition d'une langue ne peut se faire que de manière implicite, et l'instruction ne peut pas conduire au développement de compétences automatiques en L2. Cette vision extrême qui n'accorde aucun rôle à l'enseignement dans l'apprentissage d'une L2 a cependant largement été remise en cause depuis.

Un des principaux débats structurant le champ d'étude de l'**AL2** est de savoir si l'acquisition d'une L2 se fait de la même manière que pour une **langue maternelle (L1)**, c'est-à-dire selon des processus implicites², ou si elle fait appel à des mécanismes explicites. Dans leur introduction à un numéro spécial sur le futur de la recherche sur les mécanismes explicites et implicites d'apprentissage, **Andringa et Rebuschat (2015)** remarquent que l'on ne connaît toujours pas exactement les processus impliqués dans l'apprentissage d'une langue. L'apprentissage statistique est considéré par beaucoup comme le premier mécanisme à l'œuvre (**Caldwell-harris et al., 2015**) : la langue est acquise grâce à une sensibilité aux propriétés distributionnelles de l'input et au recours à des mécanismes partagés par plusieurs domaines (c'est-à-dire non spécifiques au langage), inconscients et automatiques. Mais cette théorie ne fait pas l'unanimité : certaines théories postulent la nécessité d'une grammaire universelle, ou accordent davantage d'importance à un apprentissage associatif s'appuyant sur la mémorisation de fragments linguistiques.

Mieux comprendre ces mécanismes permettrait pourtant d'éclairer le rôle possible de l'enseignement en **langue étrangère** afin d'accroître son impact. Si les mécanismes de traitement implicite sont totalement indépendants des processus explicites et que l'instruction n'a d'influence que sur ces derniers, comme le voudrait la théorie de **Krashen (1982)**, alors l'enseignement ne peut avoir qu'un rôle très limité dans le développement de la compétence en L2. Il est cependant permis d'avoir une vision plus optimiste du rôle de l'instruction, qui pourrait directement ou indirectement favoriser la maîtrise de la L2. La manière dont les **connaissances explicites** et les **connaissances implicites** de la langue interagissent fait l'objet d'un débat à part entière en recherche en AL2 : le débat de l'interface. La question de l'impact d'un **apprentissage explicite** ou d'un **apprentissage implicite** sur le développement de la L2 a donc des conséquences directes sur la pédagogie. Les recherches dans ce domaine peuvent à terme informer sur la nécessité et la meilleure manière d'enseigner une **langue étrangère** : faut-il tenter à tout prix d'imiter l'apprentissage de la langue maternelle ? Y a-t-il un rôle pour l'instruction ?

ces deux concepts. Afin d'éviter toute ambiguïté, nous utiliserons dans le reste de ce travail le terme de « deuxième langue », qui peut recouvrir toutes les situations d'acquisition d'une langue supplémentaire à la langue maternelle dominante. Nous renvoyons les lecteurs au Glossaire pour davantage de détails concernant les spécificités de chacun de ces termes. L'expression « langue seconde » sera utilisée comme ici uniquement pour dénommer le champ de recherche.

2. On notera que la nature exacte des processus implicites impliqués dans l'acquisition de la parole chez les bébés ne fait pas tout à fait consensus.

Le champ de la recherche en AL2 utilise des méthodes variées et complémentaires. De nombreuses études ont recours à des observations de classe ou tentent d'appliquer différentes méthodes d'enseignement dans les classes, ce qui présente l'avantage de tester certaines hypothèses dans des situations réellement écologiques, mais l'inconvénient d'introduire une grande quantité de facteurs confondants. Une partie importante de la recherche s'effectue donc en laboratoire, ce qui permet de mieux contrôler les variables pouvant interférer avec celles qui sont réellement testées, au prix d'une diminution du caractère naturel de l'environnement. La mesure la plus fréquemment utilisée est le jugement d'acceptabilité grammaticale, avec ou sans limite de temps : la performance sur ce type de tâche fournit une mesure de la compétence en L2, alors que le temps de réponse informe sur le caractère automatique de cette compétence. La psychologie et les neurosciences ont aujourd'hui une influence croissante sur le domaine, et l'utilisation de méthodes d'imagerie issues de ces champs de recherche a permis une meilleure compréhension des mécanismes d'apprentissage et de traitement des langues. En particulier, l'**Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)** et l'**Électroencéphalographie (EEG)** sont régulièrement mises à profit dans les études en AL2. L'évolution des méthodes fait aussi écho aux nombreux questionnements sur la meilleure manière de mesurer les **connaissances implicites**.

1.2 Objectifs de cette thèse

Cette thèse s'inscrit dans le champ de la recherche en AL2, et utilise des méthodes issues de la psycholinguistique et de la neurolinguistique.

1.2.1 Objectif général

L'objectif principal de cette thèse est d'examiner les effets de deux types d'entraînement reflétant au mieux les deux principales situations d'apprentissage : en immersion (**apprentissage implicite**) et par l'instruction en classe (**apprentissage explicite**). Ce travail vise donc à comparer l'efficacité de ces entraînements sur les réponses comportementales (performance et temps de réponse à des jugements d'acceptabilités) mais aussi électrophysiologiques (**potentiels évoqués (ERP)**), pour mieux comprendre l'effet de différents types d'apprentissage sur l'évolution des mécanismes neurocognitifs utilisés pour traiter une L2. Des mesures complémentaires sont utilisées pour constater cette évolution, mais aussi pour tenter d'examiner le développement des **connaissances explicites** et des **connaissances implicites**. Nous cherchons également à comparer l'état post-entraînement des apprenants à des locuteurs natifs de la L2 des participants, l'anglais, afin de contribuer au débat sur la similarité des mécanismes utilisés pour traiter une L1 et une L2 et la possibilité pour les apprenants

de recruter des processus similaires aux locuteurs natifs.

1.2.2 Objectifs des expériences réalisées

Deux expériences ont été réalisées pour examiner ces questions en rapport avec différents aspects de la syntaxe. La première s'est concentrée sur l'acquisition de la morphosyntaxe. De nombreuses expériences ont été réalisées dans ce domaine, révélant des difficultés persistantes pour les apprenants. Certains chercheurs ont étudié l'effet des conditions d'apprentissage sur l'acquisition de traits morphosyntaxiques comme l'accord de genre ou de nombre ([Batterink et Neville, 2013b; Morgan-Short et al., 2010, 2012](#)), mais toujours avec des langues artificielles, semi-artificielles ou des versions miniatures de langues naturelles. Nous avons donc cherché à étendre leurs résultats au traitement d'une langue naturelle et à des participants ayant déjà des connaissances dans leur L2, afin d'examiner la question de la progression plutôt que l'apprentissage à partir de zéro. Dans cette expérience, nous nous sommes également intéressés à l'interaction de la similarité de la structure entre **L1** et **L2** avec les conditions d'apprentissage.

Pour la deuxième expérience, nous nous sommes penchés sur le traitement de structures syntaxiques complexes avec des anomalies syntaxiques temporaires en langue orale. Les objectifs de cette expérience étaient les suivants. Premièrement, nous souhaitions nous éloigner du paradigme des violations typiques des études en **EEG**, qui favorise un traitement explicite des stimuli et donc un apprentissage du même type. Ensuite, cette expérience nous a permis d'étendre les recherches sur les conditions d'apprentissage à un autre domaine que la morphosyntaxe ou l'ordre des mots, ce qui à notre connaissance n'avait pas encore été réalisé. Enfin, nous avons cherché à sortir du domaine syntaxique pur, pour nous intéresser au rôle que peut jouer la dimension prosodique dans l'acquisition de la syntaxe de la **L2**. Cette expérience visait donc à comparer l'effet des deux types d'entraînement sur la capacité des apprenants à utiliser la prosodie pour désambiguer plus rapidement des phrases complexes, et donc à anticiper la structure syntaxique du stimulus.

1.2.3 Intérêt

Par ces expériences, nous avons cherché à étendre les connaissances du domaine de plusieurs manières. Tout d'abord, l'utilisation d'une langue naturelle nous offre un objet d'apprentissage certes moins contrôlé mais plus écologique et plus complexe qu'une langue artificielle.

S'intéresser à des apprenants présentant déjà un niveau intermédiaire dans cette langue nous permet aussi de nous rapprocher des situations pédagogiques pour lesquelles cette thèse pourrait avoir des applications. Étudier l'apprentissage en partant de zéro est fondamental pour la compréhension des mécanismes d'acquisition de la

L2, et élégant car cela permet de contrôler l'intégralité de l'**input** auquel les participants sont exposés. Mais pour continuer l'avancée des recherches en **AL2**, et pour se rapprocher des applications possibles en enseignement des langues étrangères, il est aussi nécessaire de s'intéresser à l'acquisition en cours de route et à la manière dont les conditions d'apprentissage peuvent affecter ce dernier alors qu'il est déjà entamé. Même en dehors des expériences en laboratoire, il est plus facile de créer ou trouver des ressources pour grands débutants que pour des apprenants ayant déjà des connaissances, puisque pour ces derniers, il faut composer avec la variabilité des connaissances préalables.

En utilisant la technique de l'**EEG** et les **ERP**, notre travail cherchait à contribuer aux connaissances sur la manière dont les conditions d'apprentissage affectent l'évolution des mécanismes neurocognitifs utilisés pour traiter la **L2**. Les potentiels évoqués permettent d'examiner des processus plus implicites que beaucoup des méthodes comportementales fréquemment utilisées. En outre, peu d'études ont utilisé cette méthode pour évaluer l'effet d'entrainements explicites et implicites, particulièrement avec des langues naturelles.

Enfin, notre travail visait à étendre le champ de recherche sur les entraînements en les appliquant pour la première fois à l'interface prosodie-syntaxe. En effet, à notre connaissance, aucune étude ne s'est encore intéressée à l'effet des conditions d'apprentissage sur les compétences des apprenants dans ce domaine, alors que le lien entre prosodie et syntaxe peut donner des indications sur une question fortement débattue en **AL2** : la capacité des apprenants d'une **L2** à prédire la structure syntaxique de l'**input**.

1.3 Plan de la thèse

Cette thèse est organisée en trois parties. La première constitue une introduction générale à la question de l'apprentissage et du traitement implicite et explicite en **L2**. Elle est divisée en trois chapitres. Dans le Chapitre 2, nous examinons la question de la similarité des mécanismes mobilisés pour l'apprentissage de la **L1** et de la **L2**, c'est-à-dire la possibilité de faire appel à des processus implicites pour l'acquisition de la **L2**. Nous revenons également sur l'utilité et le rôle de l'instruction. Dans le Chapitre 3, nous nous intéressons à la nature des connaissances développées en **L2** et présentons le débat de l'interface. Dans le Chapitre 4, nous exposons l'utilité de la technique des potentiels évoqués pour l'étude de l'effet de conditions d'apprentissage, et terminons par une présentation de nos questions de recherche.

La deuxième partie est consacrée à la première expérience de cette thèse. Le Chapitre 5 présente la littérature spécifique à cette expérience : nous revenons sur les principaux facteurs connus pour affecter le traitement et l'acquisition de la morphosyntaxe en **L2** et nous détaillons les caractéristiques syntaxiques de la structure

cible. Les chapitres suivants exposent le matériel et les méthodes (Chapitre 6), puis les résultats (Chapitre 7), qui sont discutés dans le dernier chapitre de cette partie (Chapitre 8).

La troisième partie présente la deuxième expérience réalisée. Elle débute par un chapitre d'introduction synthétisant les recherches effectuées sur la prédiction de l'**input** en **L2**, notamment en relation avec la résolution d'ambigüités syntaxiques (Chapitre 9). Une section est consacrée à l'utilisation d'indices prosodiques pour le traitement de ces ambigüités, et une autre à l'acquisition de l'interface prosodie-syntaxe. Comme dans la Partie II, cette revue de littérature est suivie d'un chapitre présentant le matériel et les méthodes (Chapitre 10), d'un autre détaillant les résultats obtenus (Chapitre 11), puis d'une discussion (Chapitre 12).

Enfin, une synthèse des résultats et une discussion générale clôturent ce travail.

1.4 Quelques définitions préalables

Afin de faciliter la lecture de ce document, nous terminons cette introduction en définissant brièvement quelques-uns des concepts majeurs auxquels nous ferons référence. Ces notions seront examinées plus avant dans le corps du manuscrit.

1.4.1 Apprentissage explicite, implicite et fortuit

Les concepts d'apprentissage explicite, implicite et fortuit se différencient principalement sur deux points : l'intention d'apprendre et la conscience d'être en train d'apprendre. Ainsi, on considère comme un **apprentissage implicite** l'acquisition de connaissances complexes sans intention d'apprendre et sans que les participants aient conscience d'avoir appris quelque chose, ni de ce qui a été appris (Godfroid et Winke, 2015; Reber, 1989). Rebuschat (2013, p.596) le définit ainsi : « *a process during which subjects in experimental studies acquire knowledge about a complex, rule-governed stimulus domain without intending to do so and without becoming aware of the knowledge they have acquired.* »

À l'inverse, l'**apprentissage explicite** est intentionnel, puisque les participants ont l'intention consciente de chercher les règles dans l'**input**, et conscient, puisqu'ils savent qu'ils apprennent quelque chose et quoi.

L'**apprentissage fortuit** est un apprentissage sans intention, mais qui peut ou non être conscient. Les participants ne sont pas informés qu'ils doivent apprendre quelque chose, ou bien ils sont distraits par une autre tâche. Par exemple, on leur demande d'évaluer la plausibilité de stimuli ou d'apprendre du vocabulaire, mais ils sont testés ensuite sur un aspect grammatical présent dans l'**input** sur lequel on n'a pas attiré leur attention. Contrairement à un apprentissage totalement implicite, un **apprentissage fortuit** n'exclut pas que les participants se rendent compte au fur et à

mesure de l'expérience de l'existence de particularités grammaticales dans l'**input**. On ne leur demande pas de prêter attention à la structure cible, mais ils peuvent parvenir d'eux-mêmes à cette prise de conscience. L'apprentissage est donc non intentionnel mais pas nécessairement non conscient. Le Tableau 1.1 récapitule les différences entre apprentissage implicite, explicite et fortuit.

Apprentissage	Intention d'apprendre	Conscience d'apprendre
Explique	oui	oui
Implicite	non	non
Fortuit	non	possible

TABLEAU 1.1 – Caractéristiques distinctives des types d'apprentissage

1.4.2 Connaissances implicites et explicites

Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, il n'y a pas de correspondance parfaite entre apprentissage et connaissances implicites et explicites. Les **connaissances implicites** sont généralement définies comme non accessibles à la **conscience** et non verbalisables. Il s'agit plus d'une série de compétences que de connaissances telles quelles : on peut savoir faire du vélo sans pouvoir expliquer tous les mécanismes impliqués. Les **connaissances implicites** peuvent être mobilisées très rapidement, de manière automatique et inconsciente, mais elles ne peuvent pas être expliquées. Elles donnent souvent lieu à un sentiment d'intuition. Par exemple, les connaissances grammaticales que nous avons de notre langue maternelle sont considérées comme implicites : nous pouvons avoir une conversation sans réfléchir à l'accord du verbe.

Les **connaissances explicites** sont conscientes : on sait que l'on a ces connaissances. Elles sont la plupart du temps verbalisables, mémorisées par exemple sous forme de règles métalinguistiques qui peuvent être restituées. On considère généralement qu'accéder à ces connaissances demande plus de temps que pour les **connaissances implicites**. Cependant, ce processus peut être automatisé à tel point qu'aucune différence n'est décelable en surface entre l'accès aux deux types de connaissances. Les différences précises entre **connaissances implicites** et **connaissances explicites** sont détaillées dans le Chapitre 3, Section 3.1 (p. 47).

1.4.3 Types de mémoire

Trois types de mémoire sont particulièrement intéressants ici : la **mémoire de travail** d'une part, et d'autre part deux systèmes de mémoire à long terme, la **mémoire déclarative** et la **mémoire procédurale**.

La **mémoire de travail** est un modèle correspondant à ce que l'on appelle communément la mémoire à court terme. Elle est définie par [Baddeley](#) (1992, p.556) comme un système cérébral permettant de stocker temporairement et de manipuler l'information nécessaire à des tâches cognitives complexes :

The term working memory refers to a brain system that provides temporary storage and manipulation of the information necessary for such complex cognitive tasks as language comprehension, learning, and reasoning.

La **mémoire de travail** comprend plusieurs composantes de stockage : une boucle phonologique, un calepin visio-spatial ([Baddeley](#), 1992) et un tampon épisodique ([Baddeley](#), 2000), ainsi qu'un administrateur central qui contrôle l'allocation des ressources attentionnelles. La boucle phonologique est particulièrement importante pour l'apprentissage d'une langue et notamment d'une langue étrangère : plusieurs études ont montré que cette boucle est indispensable pour apprendre de nouveaux mots en langue étrangère, et qu'une bonne **mémoire verbale** immédiate aide aussi à l'acquisition de la syntaxe (voir [Baddeley](#), 2003). La boucle phonologique comprend deux sous-composantes. La première est un système de stockage immédiat qui ne conserve les traces de l'information que quelques secondes, à moins qu'elles ne soient renforcées par le deuxième mécanisme. Celui-ci est un système de répétition mentale qui permet de maintenir l'information accessible mais aussi d'enregistrer les informations visuelles associées aux données phonologiques extraites de l'**input**. Le calepin visio-spatial permet de stocker et manipuler les informations liées au système visuel et à la navigation dans l'espace. Le tampon épisodique est un système de stockage temporaire qui permet de combiner les informations issues des sous-systèmes de **mémoire de travail** et de la mémoire à long-terme pour former des groupes d'éléments (*chunks*). Ce système sert de fondement aux connaissances conscientes ([Baddeley](#), 2003). Les différentes composantes de la **mémoire de travail** sont contrôlées par l'administrateur central et interagissent avec la mémoire à long-terme (voir Figure 1.1).

La mémoire à long-terme comprend elle aussi plusieurs sous-composantes, dont les deux principales sont la **mémoire déclarative** et la **mémoire procédurale**. La **mémoire déclarative** est parfois appelée mémoire explicite. Elle est associée à la rétention et la récupération consciente d'informations pouvant être verbalisées. Elle peut être divisée en deux types : la mémoire épisodique, grâce à laquelle nous nous souvenons des évènements vécus, et la mémoire sémantique, qui permet la rétention de faits et de concepts théoriques. Le vocabulaire de notre langue maternelle est par exemple stocké en **mémoire déclarative** (voir entre autres [Ullman](#), 2001b).

La **mémoire procédurale** est non-déclarative. Elle est associée aux connaissances implicites mais la correspondance n'est pas parfaite : toutes les **connaissances implicites** ne sont pas stockées en **mémoire procédurale** ([Paradis](#), 2009). Ce type de

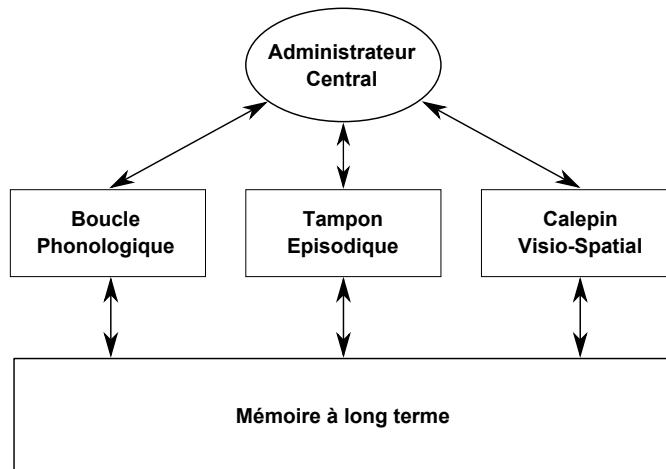


FIGURE 1.1 – Représentation du modèle de mémoire de travail d'après [Baddeley \(2003, p.203\)](#)

mémoire sert au stockage des habiletés motrices, des savoir-faire automatiques et non conscients tels que marcher, faire du vélo, ou utiliser certains muscles faciaux pour parler. Selon certaines théories, c'est aussi la **mémoire procédurale** qui soutient l'utilisation de la grammaire en langue maternelle ([Ullman, 2001b, 2004, 2005, 2015](#)). **Mémoire déclarative** et **mémoire procédurale** sont complémentaires et interagissent, y compris pour le traitement et l'**acquisition** du langage. Nous reviendrons plus en détail sur leur rôle précis pour le langage dans le Chapitre 2 en Section 2.1.3 (p. 19).

Première partie

Apprentissage implicite et explicite d'une deuxième langue

Chapitre 2

L'acquisition d'une deuxième langue : un processus implicite ou explicite ?

Sommaire

2.1 L'apprentissage d'une L2 est-il similaire à celui de la L1 ?	14
2.1.1 L'apprentissage d'une langue maternelle est implicite	14
2.1.2 L'apprentissage d'une deuxième langue : des mécanismes similaires à ou différents de la L1 ?	17
2.1.3 Des mécanismes partiellement similaires : le modèle Déclaratif / Procédural	19
2.2 Objet et nature de l'apprentissage en L2	23
2.2.1 Peut-on apprendre la syntaxe d'une deuxième langue de manière implicite ? Le rôle discuté de l'input	23
2.2.2 Effet de la L1 et modèles de transfert	30
2.3 Apprentissage de la L2 et nécessité de l'instruction	33
2.3.1 Nécessité de l'instruction : qu'est-ce qui est nécessaire ?	33
2.3.2 Efficacité de l'instruction	37
2.3.3 Quel rôle pour l'apprentissage explicite ?	44
2.4 Conclusion du chapitre	46

2.1 L'apprentissage d'une deuxième langue est-il similaire à celui de la langue maternelle ?

2.1.1 L'apprentissage d'une langue maternelle est implicite

Les recherches en acquisition d'une L1 partent du constat que cet apprentissage se fait sans (grand) apport de règles. Les enfants apprennent plus que ce qu'on leur enseigne : ils sont capables de faire des abstractions et des généralisations sans explications métalinguistiques. Un des arguments majeurs de la grammaire générative est celui de la pauvreté du stimulus, qui veut que les enfants apprennent plus ce que ce qui figure dans l'*input* qu'ils reçoivent. Les théories génératives postulent un module cérébral spécifiquement dédié à l'acquisition du langage, le *language acquisition device*, qui fait appel à des structures grammaticales innées et universelles. L'*input* ne servirait alors qu'à déterminer plus précisément quels paramètres de la grammaire universelle (*Universal Grammar* ou UG) sont activés dans la langue à laquelle l'enfant est exposé, et donc à faire des choix parmi toutes les possibilités de UG (voir Zyzik (2009), Rothman et Slabakova (2017) et White (2015) pour des comptes rendus de l'approche générativiste de l'acquisition du langage).

Des théories plus récentes postulent au contraire que l'acquisition d'une langue se fait par des processus cognitifs qui sont communs à d'autres types d'apprentissage, et qui sont fondés sur l'*input*. Ainsi, d'après Hulstijn (2005), l'apprentissage précoce d'une L1 s'appuie sur un apprentissage statistique implicite, mais une partie des connaissances peut prendre une forme déclarative plutôt que procédurale. Les enfants combinent par la suite des processus d'apprentissage explicites et implicites. Mais qu'est-ce que l'apprentissage statistique implicite ? Pour Hamrick (2014), il existe plusieurs hypothèses :

1. Il s'agirait d'une capacité à faire des inférences statistiques complexes de manière inconsciente. Cela est cependant considéré comme peu probable.
2. Il s'agirait d'une capacité à prédire inconsciemment les dépendances entre différents éléments. Certains chercheurs ont tenté d'implémenter cette hypothèse, par exemple dans des réseaux récursifs simples (*Simple Recurrent Networks*, voir Cleeremans et McClelland, 1991 et Elman, 1990). Ces modèles computationnels connexionnistes peuvent apprendre à prédire la lettre suivante dans une séquence à partir de calculs statistiques ; ils sont ainsi capables d'acquérir des contraintes syntaxiques.
3. Plutôt qu'un mécanisme d'apprentissage statistique prédictif s'appuyant sur les probabilités transitionnelles, il s'agirait d'une sensibilité à la fréquence de certains groupes d'éléments dans l'*input*. Ces groupes sont identifiés comme des unités : ce sont des *chunks*³. Ce modèle a été confirmé par des données em-

3. La formation de *chunks* est bien le résultat d'une sensibilité aux fréquences d'apparition de

piriques : l'émergence de connaissances liées à la formation de *chunks* permet de rendre compte de ce qui est observé chez les enfants et les adultes en cours d'acquisition d'une langue pour la segmentation des mots et le traitement des syllabes.

Apprentissage statistique veut-il nécessairement dire *apprentissage implicite* ? Les deux courants théoriques ont longtemps eu une littérature séparée. Pourtant, de nombreuses similarités existent entre les deux formes d'apprentissages : elles sont automatiques, fortuites, et prennent place sans que le locuteur en soit conscient (Perruchet et Pacton, 2006). Elles n'impliquent pas nécessairement l'abstraction de règles : il a été observé que les participants des études en apprentissage de grammaires artificielles n'ont pas besoin d'extraire les règles pour réaliser une bonne performance sur la tâche ni même pour transférer les connaissances ainsi acquises à de nouvelles formes qui diffèrent en surface de celles de l'expérience (Conway et Christiansen, 2006; Kachinske *et al.*, 2015; Vokey et Higham, 2005). Elles ont également des objectifs similaires, et s'intéressent aux mécanismes d'apprentissage communs au langage et à d'autres domaines (Frost *et al.*, 2015) qui opèrent dans des situations d'*apprentissage fortuit* et non supervisé : « *[their objective is] the study of domain-general learning mechanisms acting on attended information in incidental, unsupervised learning situations* » (Perruchet et Pacton, 2006, p.234). Les deux théories se rejoignent également sur leur actuelle question de recherche : plutôt qu'*apprentissage implicite* ou statistique, il s'agit de connaitre la véritable nature de ces processus, c'est-à-dire font-ils appels à des *chunks* ou au calcul de probabilités transitionnelles ?

2.1.1.1 Que sont les *chunks* ?

Les *chunks* sont des groupes d'entités linguistiques qui peuvent correspondre à un mot mais aussi à des structures de taille supérieure (groupes de plusieurs mots) ou inférieure (syllabes, morphèmes, phonèmes). Par exemple, les formules sont des séquences d'éléments apparaissant fréquemment ensemble, et donc des *chunks* lexicaux. Ce concept est notamment très présent dans les grammaires de construction (Ellis, 2005a). Une construction est une unité linguistique conventionnelle, intégrée comme connaissance grammaticale et représentée comme une unité indépendante dans l'esprit. Les constructions forment la base de la compétence grammaticale des individus : le locuteur a à sa disposition un grand nombre d'expressions plus ou moins pré-construites qu'il combine à l'oral pour former des phrases (Sinclair, 1991, p.110),

certaines constructions dans l'*input*, et donc de processus statistiques. Cependant, l'apprentissage par *chunks* s'appuie sur l'extraction et la mémorisation de groupes d'éléments comme par exemple « *How are you ?* ». Les calculs statistiques purs tels que conçus par les modèles computationnels s'appuient uniquement sur des calculs de probabilités transitionnels, c'est à dire la prédiction de l'élément suivant en fonction de la dernière unité rencontrée.

même si ces constructions peuvent apparaître comme analysables en segments de taille inférieure. La similarité de la parole d'un apprenant d'une deuxième langue avec celle des locuteurs natifs ne se juge d'ailleurs pas uniquement sur la maîtrise grammaticale mais aussi sur l'idiomaticité et la fluence, deux compétences reposant sur l'utilisation d'idiomes et de collocations et donc sur le recours à des *chunks*. Chez les enfants, une grande proportion de la parole s'appuie sur des constructions et des motifs à trous, c'est-à-dire ayant un cadre fixe avec des blancs à remplir, et donc reposant sur des *chunks* de un ou deux mots (Ellis, 2005a). Les *chunks* ont donc un grand rôle à jouer dans l'acquisition du langage, mais aussi dans son traitement par les adultes natifs. En effet, les études montrent que l'on traite plus facilement et rapidement le langage lorsqu'il se conforme à nos attentes et à nos prédictions, probablement à cause de notre analyse inconsciente des probabilités sérielles dans l'*input* (Ellis, 2005a) et donc de nos processus de *chunking*. Les constructivistes considèrent que c'est grâce à ce processus de découpage en *chunks* que des représentations hiérarchiques sont formées, intégrant des dépendances structurelles et formant donc un système grammatical complet.

2.1.1.2 Découpage en *chunks* ou calculs de probabilités transitionnelles ?

L'apprentissage implicite / statistique se fait-il donc par recours aux *chunks* ou par calculs des probabilités de transitions ? Plusieurs hypothèses ont été proposées, résumées par Perruchet et Pacton (2006) :

1. Ce sont deux processus indépendants : la formation de *chunks* fait appel aux connaissances conscientes alors que les calculs statistiques sur les transitions mènent à une meilleure performance sur les tâches implicites.
2. Les *chunks* sont le seul processus efficace, et la sensibilité à la structure statistique n'est qu'un dérivé du processus de découpage en *chunks*.
3. Ce sont deux étapes successives : les calculs statistiques sur les probabilités transitions se font dans un premier temps, et les *chunks* en sont ensuite déduits. Cette hypothèse est celle qui prévaut dans la recherche en apprentissage statistique. Les études suggèrent que, dans l'apprentissage de grammaires artificielles et les études utilisant un paradigme de tâches de temps de réaction en série (*Serial Reaction Time tasks* ou SRT), les participants font appel à la fois à des *chunks* explicites et à des probabilités de transition implicites (Chang et al., 2012).

L'apprentissage de la langue maternelle semble donc se faire grâce à la combinaison de plusieurs processus implicites : des calculs inconscients effectués sur la structure statistique de l'*input* et l'extraction de *chunks* qui en résulte. Ces mécanismes permettent l'émergence de structures préfabriquées qui facilitent et accélèrent le traitement et la production du langage. Mais qu'en est-il en deuxième

langue (L2)⁴ ?

2.1.2 L'apprentissage d'une deuxième langue : des mécanismes similaires à ou différents de la L1 ?

La question de savoir à quel point les mécanismes cérébraux et cognitifs permettant l'apprentissage d'une L2 sont similaires à ou différents de ceux guidant l'acquisition de la L1 est au cœur de la recherche en AL2. Plusieurs types de modèles neurocognitifs ont été proposés.

2.1.2.1 L'acquisition de la L1 et de la L2 font appel à des mécanismes différents

Certains chercheurs défendent l'idée que les mécanismes recrutés pour apprendre sa langue maternelle et plus tard une langue étrangère sont majoritairement (DeKeyser, 2000) voire totalement (Bley-Vroman, 1989) différents. Ainsi, l'hypothèse de la différence fondamentale (*Fundamental Difference Hypothesis*) de DeKeyser (2000) stipule que les adultes, ayant perdu leur capacité à apprendre le langage de manière implicite, ont besoin d'utiliser des mécanismes alternatifs, surtout pour des structures qui n'existent pas dans leur langue maternelle. Ainsi, pour des structures grammaticales absentes de leur L1, les apprenants tardifs d'une L2 utilisent des mécanismes différents pour traiter les phrases grammaticales et agrammaticales, ce qui n'est pas le cas des natifs (Pérez *et al.*, 2015). Ces théories sont également liées à l'hypothèse de la période critique (Birdsong, 2006) : il existe une période optimale pour acquérir le langage de manière implicite, en dehors de laquelle l'apprentissage ne peut pas s'effectuer de la même manière et avec les mêmes résultats. La période critique n'affecte pas tous les aspects de la langue au même niveau : par exemple, en L2, il n'y a pas de limite liée à la période critique sur l'apprentissage du vocabulaire, alors que l'acquisition des frontières sémantiques exactes des mots, de leurs connotations et de leurs contraintes d'usages est dépendante de l'âge (Birdsong, 2006). S'ils concentrent leurs efforts sur un aspect de la langue, les apprenants adultes peuvent l'acquérir à un niveau proche de celui des natifs, mais cette maîtrise se limite à une ou deux composantes telles que la prononciation ou le vocabulaire. Par opposition, chez les locuteurs natifs, toutes les composantes de la langue sont utilisées au même moment et sans effort. L'étendue exacte de la période optimale d'acquisition a fait l'objet d'hypothèses très variables. Elle est souvent conceptualisée comme se terminant à la puberté. Pourtant, selon Paradis (2009), cet âge limite

4. Le terme neutre de deuxième langue est utilisé ici par opposition aux termes *langue seconde* et *langue étrangère* qui sont associés à des contextes particuliers d'apprentissage. Le terme de deuxième langue renvoie à une langue supplémentaire apprise après la première langue, quel que soit l'âge et le contexte d'apprentissage.

n'a pas de fondements biologiques. En effet, la période optimale d'acquisition dépend de l'expression du gène FOXP2, qui joue un rôle central dans le développement des capacités langagières y compris grammaticales de l'enfant (Lai *et al.*, 2000; O'Brien *et al.*, 2003) et a été associé à la mémoire procédurale (Ullman, 2015, p.138). L'expression de ce gène est maximale dans la petite enfance, jusque vers cinq ans. Il y a donc un déclin graduel des capacités de mémoire et d'apprentissage procédural pour le langage après cet âge là, et non après la puberté. Au même moment, la mémoire déclarative se développe, et ce jusqu'au début de l'âge adulte : elle est donc utilisée en priorité pour l'apprentissage par les enfants à partir de 7 ans et par les adultes. Cela permet de compenser la perte de capacités en apprentissage procédural. Les adultes peuvent alors atteindre une performance finale en L2 impossible à distinguer de celle des natifs, mais pas en utilisant les mêmes mécanismes. Puisqu'ils n'ont plus accès aux processus automatiques implicites sur lesquels s'appuie l'acquisition de la langue chez les enfants, ce sont des processus déclaratifs accélérés qui leur permettent d'atteindre cette performance en L2 selon Paradis (2009). Cependant, plusieurs études réalisées avec différentes techniques d'imagerie cérébrale comme l'IRM ou l'EEG montrent que des apprenants avancés peuvent recruter les mêmes mécanismes neurocognitifs que les natifs pour traiter leur deuxième langue en temps réel (Abutalebi, 2008).

2.1.2.2 L'acquisition de la L1 et de la L2 font appel à des mécanismes similaires

Les constructivistes considèrent qu'il n'y a pas vraiment de distinction entre l'acquisition du lexique et des règles (Ellis, 2005a), puisque l'acquisition du langage se fait via un apprentissage associatif et statistique qui part de correspondances arbitraires entre forme et fonction pour évoluer jusqu'à des associations qui deviennent similaires à des règles, et ce à la fois en L1 et en L2. Le modèle de Hartsuiker et Bernolet (2017) (voir aussi Bernolet et Hartsuiker, 2018) propose ainsi que l'apprentissage de la L2 commence avec des représentations lexicales sans lien avec des représentations syntaxiques abstraites. Au fur et à mesure de l'apprentissage, les représentations de la L2 deviennent de plus en plus similaires à celles de la L1. L'acquisition de la deuxième langue se fait donc de manière similaire à la première, mais en s'appuyant sur les stimuli propres à la L2 (Zimmer *et al.*, 2009). Si les adultes échouent à atteindre un haut niveau de compétence dans leur L2, c'est parce que leur système cognitif est engagé dans d'autres tâches et ne peut se consacrer entièrement à l'apprentissage de la langue. Les différences liées à l'âge d'acquisition seraient alors dues à la différence dans la quantité d'input disponible entre la L1 et la L2 et pas à une perte de plasticité du cerveau. Plusieurs études montrent d'ailleurs que les apprenants très avancés peuvent utiliser les mêmes mécanismes neurocognitifs que les natifs pour traiter la syntaxe en temps réel (voir Rossi *et al.* (2006) pour une

revue de cette question).

Cette hypothèse dispose également d'un certain soutien empirique notamment de la part d'études réalisées en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) (Abutalebi, 2008; Indefrey, 2006; Pallier, 2009). Ainsi, Abutalebi (2008) et Pallier (2009) ont observé que le traitement de la L1 et celui de la L2 activaient les mêmes zones cérébrales, du moins au niveau macroscopique. Cependant, dans l'expérience d'Abutalebi, le traitement de la L2 activait également certaines zones supplémentaires, et notamment des circuits neuronaux associés au contrôle du langage tels que le cortex cingulaire antérieur, le nucléus caudé, le cortex préfrontal ainsi que le lobe pariétal inférieur gauche. Pallier (2009) remarque que les apprenants tardifs recrutent également des circuits liés à l'attention, alors que les bilingues ayant une maîtrise équilibrée de leurs deux langues ont plus d'activations dans des zones telles que l'insula et le gyrus frontal inférieur gauche, qui est associé à la production de la parole et à sa structure syntaxique. Il observe cependant que ces différences peuvent disparaître avec la pratique et une meilleure compétence, c'est-à-dire lorsque le traitement de la L2 est plus automatisé et donc nécessite moins de contrôle cognitif : il y a une convergence des représentations corticales au fur et à mesure de l'apprentissage. Ces études en déduisent que les mécanismes utilisés sont les mêmes pour l'acquisition des deux langues, malgré l'activation supplémentaire de certaines zones pour la L2. Pourtant, leurs résultats sont plutôt compatibles avec une autre hypothèse : celle que des mécanismes différents sont utilisés au début de l'apprentissage, mais que le traitement de la L2 peut à terme mobiliser les mêmes mécanismes que la L1 avec suffisamment de pratique et de compétence, et qu'il n'y a donc qu'un recouvrement partiel dans les mécanismes d'apprentissage utilisés.

2.1.3 Des mécanismes partiellement similaires : le modèle Déclaratif / Procédural

La plupart des théories postulant un recouvrement partiel des mécanismes de traitement de la L1 et la L2 adoptent une vue à double système, c'est-à-dire un traitement différencié pour le lexique et la syntaxe. Le traitement lexical et sémantique de la L2 est compris comme étant similaire à celui de la L1, alors que le traitement morphosyntaxique et syntaxique dépend plus en L2 des connaissances lexicales, pragmatiques, et de la connaissance du monde qu'en L1. Le modèle Déclaratif / Procédural de Ullman (2001a,b, 2004, 2006, 2015) stipule ainsi que, dans la langue maternelle, les connaissances idiosyncrasiques utilisent le système de mémoire déclarative alors que les représentations s'appuyant sur des règles ont recours au système de mémoire procédurale. Ce modèle s'intéresse aux contributions précises au traitement et à l'acquisition du langage des deux systèmes de mémoire à long terme les plus importants, la mémoire déclarative et la mémoire procédurale.

Celles-ci y jouent en effet un rôle crucial via des mécanismes non-spécialisés :

These two memory systems play key roles in language in ways that are analogous to the functioning of these systems in other domains. (Ullman, 2015, p.135)

Cette affirmation n'implique cependant pas qu'il ne peut pas y avoir de sous-spécialisation pour le langage au sein de chaque système, même si pour l'instant les preuves convaincantes manquent. L'association entre connaissances explicites et mémoire déclarative d'une part et connaissances implicites et mémoire procédurale d'autre part est souvent faite, à tort : toutes les connaissances implicites ne sont pas procédurales, et toutes les connaissances stockées en mémoire déclarative ne sont pas explicites.

La mémoire déclarative sous-tend les représentations de mémoire sémantique et épisodique. Elle permet un apprentissage rapide et bénéficie de l'intention d'apprendre, mais elle demande d'importantes ressources attentionnelles (Morgan-Short *et al.*, 2015a; Ullman, 2005). Elle repose principalement sur des aires du lobe temporal médial, du lobe frontal et de l'hippocampe. Elle sert à l'encodage et à la récupération de nouveaux éléments idiosyncrasiques ou non prévisibles, et à établir des liens entre ces éléments. Les connaissances stockées en mémoire déclarative sont au moins partiellement mais pas nécessairement totalement explicites. La mémoire déclarative est peu développée dans l'enfance : elle s'améliore graduellement jusqu'à atteindre sa capacité maximale à l'adolescence et au début de l'âge adulte, puis décline (Ullman, 2005, p.151).

La mémoire procédurale sous-tend les capacités motrices et cognitives ainsi que les habitudes. Elle repose sur un réseau de structures neuronales dans le cortex frontal, les ganglions de la base et le cervelet. Les structures frontales, dans le cortex frontal inférieur gauche, sont les plus importantes pour les compétences automatisées : ce sont aussi celles associées au traitement de la syntaxe, comme l'aire de Brodmann 44. Le nucléus caudé, recruté également par ce système, est crucial pour l'apprentissage et la consolidation de compétences motrices et cognitives. Les connaissances qui y sont stockées ne sont pas disponibles pour l'introspection et ne sont pas déclaratives. L'apprentissage en mémoire procédurale se fait de manière graduelle, grâce à une exposition répétée. Il demande moins de ressources attentionnelles que l'apprentissage en mémoire déclarative et peut se produire sans intention d'apprendre. La mémoire procédurale est associée à l'apprentissage implicite mais également à un large éventail d'activités : l'assimilation de séquences, de règles, de catégories, ou même les capacités de navigation. Il est possible qu'elle soit spécialisée dans l'apprentissage de la prédiction des événements. Pour que le traitement dans ce domaine soit rapide et automatique, une longue pratique est nécessaire. Ce système de mémoire est très robuste tôt dans l'enfance mais décline ensuite, ce qui explique que les capacités d'apprentissage et de consolidation soient moindres chez les

adultes. Il est possible que ces changements soient au moins partiellement le résultat de l'augmentation du niveau d'estrogènes pendant l'enfance et l'adolescence (voir Cutler, 1997; Klein *et al.*, 1996; Ullman, 2005) : les estrogènes pourraient inhiber la mémoire procédurale et dans le même temps favoriser la **mémoire déclarative** (Packard, 1998; Phillips et Sherwin, 1992). Plusieurs études montrent d'ailleurs que les estrogènes améliorent la **mémoire déclarative** chez les femmes comme les hommes, et que les femmes ont de meilleures capacités de **mémoire verbale**, qui est associée à la **mémoire déclarative** (voir Ullman, 2005, p.148). De plus, l'utilisation accrue de l'un des systèmes défavorise l'autre : la **mémoire déclarative** devenant plus disponible et fiable avec l'âge, les jeunes adultes s'appuient majoritairement sur ce système pour acquérir de nouvelles connaissances, au détriment du système procédural.

Dans le domaine du langage, la **mémoire déclarative** sous-tend l'acquisition, la représentation et l'utilisation du lexique de la langue maternelle, de tous les éléments idiosyncrasiques et qui ne peuvent être prédits tels que la morphologie irrégulière, et de la grammaire fondée sur des règles, avec le stockage de certaines formes complexes en tant que *chunks*. Ce type de mémoire étant très flexible, on s'attend à ce qu'elle sous-tende au moins partiellement la plupart des fonctions linguistiques apprises en **mémoire procédurale**, y compris la grammaire de la L1 : par exemple, des formes complexes peuvent être à la fois stockées comme des *chunks* en **mémoire déclarative** et susceptibles d'être produites par des règles assimilées en **mémoire procédurale**. En L2, le modèle Déclaratif / Procédural prédit que les connaissances grammaticales et le traitement des formes complexes devraient davantage dépendre de la **mémoire déclarative** qu'en L1. La **mémoire déclarative** est ainsi utilisée pour le lexique et initialement pour le traitement de la grammaire ; mais au fur et à mesure de l'apprentissage, les adultes s'appuient de plus en plus sur leur **mémoire procédurale**. Pliatsikas *et al.* (2014a) ont ainsi montré que les apprenants très avancés de l'anglais traitent la morphologie flexionnelle régulière du passé en **mémoire procédurale**, comme les locuteurs natifs monolingues. L'amélioration de la compétence grammaticale des apprenants s'accompagne de changements cérébraux structurels liés à ce recrutement accru de la **mémoire procédurale** : la matière grise dans le cervelet augmente avec la compétence (Pliatsikas *et al.*, 2014b). Les apprenants ayant toujours moins d'exposition à la langue que des natifs, leur traitement de la grammaire devrait cependant toujours être moins procéduralisé que celui de locuteurs natifs du même âge.

La **mémoire procédurale** est associée à la grammaire mentale, la morphologie régulière, la syntaxe, la phonétique, et au traitement de formes complexes. Elle soutient l'apprentissage et le traitement des séquences et des règles en première et en deuxième langue, surtout pour les séquences qui s'appuient sur des probabilités d'occurrences. La **mémoire procédurale** est particulièrement importante pour apprendre à prédire, d'où son rôle crucial dans le traitement de la grammaire de la langue

maternelle, que ce soit pour la syntaxe, la morphologie ou la phonologie. Seules des règles ou séquences implicites peuvent être apprises en **mémoire procédurale**, mais toutes les **connaissances implicites** n'impliquent pas ce système.

Les capacités d'apprentissage en **mémoire procédurale** déclinant rapidement contrairement aux capacités de **mémoire déclarative**, les adultes s'appuient donc naturellement plus sur ces dernières. Il semble qu'un apprentissage par l'instruction — par exemple en classe — pourrait de plus favoriser l'utilisation de la **mémoire déclarative** aux dépends de la **mémoire procédurale** (Morgan-Short *et al.*, 2015a). Les différences individuelles semblent également jouer un rôle important dans la mobilisation plus ou moins rapide de la **mémoire procédurale** en L2. Ainsi, l'étude en IRMf de Morgan-Short *et al.* (2015a), qui s'est intéressée à la contribution des processus implicites et explicites au traitement de la L2, montre que les apprenants recrutent des circuits similaires à ceux des locuteurs natifs dans le cortex préfrontal gauche (aires de Brodmann 44 et 46, liées notamment au traitement syntaxique du langage), mais également des aires supplémentaires, ce qui suggère que des mécanismes additionnels sont mobilisés. Par exemple, le traitement du langage se fait de manière bilatérale et non seulement dans l'hémisphère gauche. De plus, les bons apprenants recrutent également l'insula et le précunéus, des structures associées à la **mémoire déclarative**. Cette étude montre en réalité que, dans un contexte d'**apprentissage implicite**, les apprenants adultes ne recrutent pas tous les mêmes aires cérébrales pour traiter la syntaxe de leur L2 : certains sont capable de rapidement faire appel aux même mécanismes qu'en L1 et aux circuits qui sous-tendent la **mémoire procédurale**, alors que d'autres utilisent de plus en plus de réseaux neuronaux extralinguistiques liés à des mécanismes de contrôle.

Les deux systèmes de mémoire ne fonctionnent pas de manière isolée mais interagissent ; ils peuvent ainsi se compléter pour l'apprentissage de connaissances similaires, y compris la connaissance de séquences ou de règles :

Thus, they play at least partly redundant roles, in that they can at least partly learn and process the same knowledge, though generally in different ways from each other. (Ullman, 2015, p.139)

La **mémoire déclarative** peut stocker les connaissances au stade initial car elle permet un apprentissage plus rapide, puis la **mémoire procédurale** acquiert les connaissances analogues en parallèle, plus lentement, mais permettant au final un traitement rapide et automatique. Une étude de Beaunieux *et al.* (2006) a d'ailleurs montré que la **mémoire déclarative** est impliquée dans la première phase de l'apprentissage procédural. L'attention consciente à l'**input** et un effort de compréhension des règles favorisent l'apprentissage en **mémoire déclarative**, alors que l'absence d'instruction ou des règles très complexes poussent à utiliser l'apprentissage procédural. Les connaissances ne se transforment pas puisque chaque système les acquiert en parallèle et de manière indépendante. Le terme de « **procéduralisation** » est donc compris comme

l'acquisition graduelle des connaissances grammaticales en mémoire procédurale, et non comme une transformation des connaissances explicites stockées en mémoire déclarative en connaissances implicites.

Certaines différences existent donc entre la vision du modèle Déclaratif / Procédural et les théories constructivistes basées sur l'usage. Ces dernières considèrent que les mêmes mécanismes d'apprentissage associatif agissent en L1 et en L2, les constructions et les *chunks* constituant la base des connaissances grammaticales et lexicales dans les deux langues. À l'inverse, le modèle Déclaratif / Procédural postule que des mécanismes différents sont à l'œuvre au début de l'acquisition : des processus implicites régis par la mémoire procédurale et des mécanismes explicites en mémoire déclarative sont mobilisés en parallèle. Il n'y a cependant pas d'incompatibilité majeure entre les deux puisque ces familles de théories postulent toutes les deux un changement qualitatif dans le traitement et la représentation de la L2 avec l'expérience, et que les théories basées sur l'usage admettent la nécessité du recours à des mécanismes supplémentaires pour l'acquisition de la L2. Le modèle Déclaratif / Procédural est plus particulièrement adapté à l'étude des mécanismes explicites et implicites au niveau neurocognitif puisqu'il intègre cette dimension. Ce modèle a également reçu un large soutien empirique (Bowden *et al.*, 2010; Brovatto et Ullman, 2005; Ferman *et al.*, 2009; Opitz et Friederici, 2003; Ullman, 2005). Nous adopterons donc le postulat que l'apprentissage en L2 est ralenti par la déficience dans les capacités d'apprentissage implicite et procédural chez les adultes, et que des mécanismes additionnels doivent être recrutés pour acquérir la L2. Avec le temps et la pratique, les mécanismes de traitement de la L2 et de la L1 peuvent converger. Mais que permettent-ils d'apprendre, et comment ?

2.2 Objet et nature de l'apprentissage en L2

2.2.1 Peut-on apprendre la syntaxe d'une deuxième langue de manière implicite ? Le rôle discuté de l'input

Il semble que la manière dont la L2 est apprise — par une instruction explicite ou via l'exposition implicite à la langue — puisse affecter les mécanismes utilisés pour traiter cette L2. Cependant, la question de savoir si une langue étrangère peut être apprise de manière implicite fait débat : tous les aspects de la langue peuvent-ils être appris implicitement ? Qu'est-ce qui est réellement appris en cas d'apprentissage implicite ? D'après Leow et Hama (2013), l'apprentissage implicite implique une forme de traitement cognitif ou comportemental de l'input sans référence à la règle grammaticale sous-jacente. L'apprentissage implicite nécessite donc trois éléments :

1. Un effet d'apprentissage : quelque chose doit être acquis.
2. De l'input.

3. Une absence d'association directe avec la règle.

La question est donc de savoir si l'on peut acquérir la syntaxe d'une langue autre que sa langue maternelle sans aucune référence aux règles sous-jacentes, sans instruction et uniquement via l'exposition à l'[input](#).

2.2.1.1 Des éléments en faveur de l'apprentissage implicite de la L2

Plusieurs études montrent qu'il est effectivement possible d'apprendre certains éléments d'une L2 sans avoir recours à l'instruction, par exploitation fortuite de la structure de l'[input](#), ce qui donne lieu à un sentiment d'intuition ([Rebuschat et Williams, 2013](#)).

Certains chercheurs se sont ainsi intéressés à l'acquisition des correspondances entre forme et sens. Par exemple, [Williams \(2005\)](#) a réalisé une étude avec une langue semi-artificielle comprenant des déterminants artificiels codant l'animéité du nom et sa distance avec le sujet. Les participants étaient informés d'une des caractéristiques grammaticales des déterminants (la distance) mais pas de l'autre. Ils recevaient un entraînement fondé sur l'exposition, suivi d'une phase de test lors de laquelle ils devaient choisir le bon déterminant parmi deux propositions. Les participants étaient capables de sélectionner le bon déterminant à un niveau supérieur au hasard non seulement selon le critère de distance mais aussi d'animéité, et ce même lorsque la combinaison déterminant-nom n'avait jamais été rencontrée pendant l'entraînement. Dans une expérience similaire, [Leung et Williams \(2011\)](#) ont exposé des participants à une langue miniature semi-artificielle avec un système de déterminants codant l'animéité et l'âge. L'entraînement consistait à choisir une image correspondant à une description audio, donc en une simple exposition à la langue centrée sur la compréhension. À la fin de l'entraînement, la règle était inversée. Les résultats ont montré que 80 % des participants n'étaient pas conscients des règles simples mais que leur temps de réponse ralentissait de manière significative lorsque la règle était modifiée, ce qui montre qu'ils avaient correctement appris la fonction des déterminants. Sans aucune exposition à la règle, des monolingues sont donc capables d'acquérir des correspondances entre forme et sens ou forme et fonction dans une nouvelle langue, et même de généraliser leur usage.

D'autres études montrent qu'il est également possible d'apprendre des régularités syntaxiques sans explications métalinguistiques. Ainsi, [Cleary et Langley \(2007\)](#) ont exposé des participants monolingues à des séquences de mots vides de sens mais suivant une structure syntaxique. Après la phase d'exposition, les participants effectuaient une tâche de reconnaissance : des items de trois catégories (élément vu précédemment,urre critique avec une nouvelle séquence de mots correspondant au même motif syntaxique, nouvelle séquence suivant un autre motif syntaxique) leur étaient présentés et ils devaient évaluer la probabilité qu'ils les aient rencontrés précédemment. Les items déjà étudiés étaient les plus jugés comme ayant déjà été vus,

mais les leurres critiques étaient également reconnus davantage que les nouvelles séquences, ce qui montre que les participants avaient bien été capables de dériver une représentation abstraite de la structure syntaxique sous-jacente. Les adultes peuvent également acquérir implicitement un nouvel ordre des mots, sans avoir l'intention d'apprendre, et de manière non consciente (Francis *et al.*, 2009), simplement en lisant à voix haute des stimuli. Dans une expérience de Grey *et al.* (2014), des participants exposés à du japhlish, une langue artificielle composée de mots de l'anglais suivant la syntaxe du japonais, ont été capable d'acquérir le nouvel ordre des mots et de le retenir même lors d'un post-test tardif simplement en écoutant des phrases et en évaluant leur plausibilité sémantique. Ces participants étaient également plus performants lors d'un jugement de grammaticalité séparé lorsqu'ils déclaraient s'appuyer sur leur intuition pour répondre, ce qui montre qu'un certain degré de **connaissances implicites** avait été atteint.

Les résultats sont plus complexes pour ce qui concerne la morphosyntaxe. Dans l'expérience de Godfroid et Winke (2015), des monolingues anglophones devaient faire correspondre des images à des phrases en allemand de type Sujet-Verbe-Objet mais contenant des structures morphologiques réputées difficiles. Après cet entraînement, la phase de test comprenait une tâche de surveillance d'un mot (*word monitoring*⁵) et une production orale contrôlée consistant en une description guidée d'événements présentés sur des images. Les analyses des mouvements des yeux des participants montrent une augmentation du temps de lecture pour les items agrammaticaux, même si 33 des 82 participants n'étaient toujours pas conscients de la présence de verbes irréguliers à la fin de l'expérience. Les résultats montrent également une amélioration de la performance sur la tâche de surveillance du mot, qui recrute les **connaissances implicites** du locuteur, mais pas sur la performance en production orale. L'**apprentissage implicite** s'est donc fait dans une certaine mesure, mais pas suffisamment pour affecter la production. Plusieurs études ont montré que l'acquisition de **connaissances implicites** n'est pas suffisante pour améliorer le traitement de la morphosyntaxe. Ainsi, Rebuschat et Williams (2012) ont obtenu un effet d'apprentissage uniquement pour les participants qui avaient développé une **conscience** de la structure et des **connaissances explicites** — les connaissances acquises par les autres participants n'étaient pas liées au langage. Leurs participants étaient exposés de manière auditive à des phrases comprenant des mots anglais suivant un ordre des mots conforme à l'allemand, afin d'étudier l'acquisition des règles du placement du verbe en allemand. Ils devaient évaluer la plausibilité sémantique de la phrase et aucune mention des règles n'était faite. Leur apprentissage était ensuite testé au moyen d'un jugement de grammaticalité lors duquel ils devaient évaluer à quel point

5. Durant cette tâche, il est demandé aux participants de surveiller l'apparition d'un mot dans l'**input** et d'appuyer sur un bouton lorsque le mot apparaît. Certains des stimuli dans lesquels le mot cible est inclus contiennent des violations grammaticales. Si celles-ci sont correctement perçues de manière automatique, le temps de détection du mot s'en trouve ralenti.

ils avaient confiance en leur propre jugement. Seuls les participants capables ensuite d'énoncer des règles ont obtenu une performance supérieure au hasard dans la phase de test. Lorsqu'une phase de répétition de phrases était ajoutée à l'entraînement, les participants du groupe expérimental obtenaient une meilleure performance que le groupe contrôle (ne recevant pas d'entraînement) au jugement de grammaticalité. Leur performance était meilleure lorsqu'ils rapportaient être très sûrs d'eux et utiliser leur connaissance des règles, ce qui montre qu'ils étaient au moins partiellement conscients de leurs connaissances. Cependant, aucun n'a été capable de verbaliser correctement les règles régissant le placement du verbe, ce qui suggère tout de même qu'une partie de l'apprentissage s'est faite de manière implicite : les participants avaient conscience d'avoir appris quelque chose, mais pas tout à fait du contenu de ce qui avait été acquis. Dans l'expérience de Rogers *et al.* (2016), le système de cas auquel les participants ont été exposés a été acquis par le groupe expérimental, mais leur performance était juste au-dessus du hasard (56 % de réponses correctes seulement). Ils ont tous rapporté avoir remarqué la flexion à la fin des mots pendant l'entraînement mais aucun n'a pu verbaliser la règle correcte. Ils étaient plus performants lorsqu'ils rapportaient s'appuyer sur leur intuition, mais aussi lorsqu'ils étaient confiants. De même, dans l'étude de Grey *et al.* (2014), si l'ordre des mots a pu être acquis implicitement, l'apprentissage du système casuel en revanche était conditionné à la **conscience** que les participants avaient de la présence des marques de cas dans l'**input** et donc à leurs **connaissances explicites**. Les résultats des expériences en apprentissage implicite effectuées par Rebuschat (2009) montrent que les apprenants adultes sont bien capables d'acquérir des structures syntaxiques d'une nouvelle langue artificielle dans des conditions d'**apprentissage implicite**, c'est-à-dire sans intention d'apprendre. Cette acquisition peut se faire même lorsque les phrases sont traitées pour leur sens, sans feedback correctif et après des périodes d'exposition courtes ; mais cet apprentissage ne concerne pas toutes les structures.

Cependant, DeKeyser (2003) remet en question le caractère implicite de cet apprentissage : il relève que les études en apprentissage de grammaires artificielles comme celles détaillées plus haut montrent que l'entraînement aboutit à un certain degré de **conscience** et à la mémorisation explicite de certains fragments, et que le résultat de l'apprentissage n'est donc pas nécessairement implicite. Rebuschat (2009) suggère lui aussi que l'**apprentissage fortuit** mène surtout à des connaissances conscientes qui ne sont simplement pas toujours verbalisables, et que ce ne sont pas vraiment des règles linguistiques qui sont acquises. Il faut cependant noter que le fait que le produit de l'apprentissage ne soit pas implicite ne signifie pas nécessairement que le processus d'apprentissage lui-même ne peut pas être implicite, mais soulève la question de l'objet de l'apprentissage en L2 : qu'est-ce qui est appris ?

2.2.1.2 La nature des apprentissages en L2

Les théories faisant appel à la grammaire universelle postulent que le langage s'appuie sur l'utilisation d'un système linguistique abstrait, avec une représentation mentale de la grammaire non consciente et dont la majorité ne nécessite pas d'être apprise puisqu'elle est dérivée de la grammaire universelle (White, 2015). L'interlangue en L2 serait alors gouvernée par des règles abstraites, et l'*input* servirait à déterminer le choix des paramètres parmi les principes de la grammaire universelle. Ces théories postulent donc des limites sur les effets de fréquences, de transfert à partir de la langue maternelle et de l'instruction explicite. L'apprentissage se fait via des mécanismes spécifiques au langage. La réalité psycholinguistique des règles abstraites postulées par les grammaires génératives a cependant été largement remise en question. Les théories basées sur l'usage considèrent plutôt que cet ensemble de règles constitue le résultat d'une analyse linguistique consciente qui décrit les propriétés structurelles des résultats produits par la faculté de langage, non cette faculté elle-même (Paradis, 2009).

Les théories basées sur l'usage ont en commun deux principales hypothèses (Ellis, 2015) :

1. L'apprentissage de la L2 découle essentiellement d'une exposition en contexte à la langue cible : l'acquisition est orientée vers la performance, avec pour cible la langue à laquelle l'apprenant est exposé (Zimmer *et al.*, 2009). Celui-ci n'acquiert pas un système abstrait de règles mais des sensibilités aux régularités et aux contraintes probabilistes de l'*input*.
2. Les apprenants déduisent les règles de la L2 de l'*input*, grâce à des mécanismes généraux et non spécifiques au langage, tels que la loi de contigüité : des objets qui sont associés dans l'expérience le restent dans l'imagination.

Ces théories accordent une importance particulière aux constructions (Ellis, 2005a), stockées sous forme de cartes mentales structurées, dont la composition dépend des effets de fréquence et de prototype perceptibles dans l'*input*. Les effets de fréquence sont présents dans tous les domaines, ce qui montre à quel point les locuteurs ont une connaissance riche et implicite de la distribution du langage dans leur L1. L'apprentissage part donc des éléments individuels, à partir desquels des abstractions sont faites et des schémas extraits (Roehr-Brackin, 2015). L'acquisition du langage est une acquisition de constructions qui commence avec un processus de découpage en *chunks* qui, grâce aux calculs statistiques implicites, permet à terme le développement de schémas abstraits et de motifs à trous. L'apprentissage associatif est central : l'acquisition des correspondances entre forme et sens ou fonction dépend de la force d'activation des connections et leur fiabilité. Le processus de découpage en *chunks* sous-tend donc à la fois l'acquisition et le traitement puisque les natifs d'une langue traitent plus rapidement le langage qui se conforme à leurs attentes et les

séquences qui ont été vues précédemment (Ellis, 2005a). L'apprentissage implicite conduit ainsi à un calibrage des processus de calculs statistiques sur l'*input*. Ce qui est appris en L2 est donc d'abord une série d'associations puis des constructions ou schémas à partir des *chunks* de départ. Ce qui serait acquis à l'issus d'une tâche d'apprentissage de grammaire artificielle serait donc ces associations, sous formes de fragments et de *chunks*, plutôt que des règles combinatoires. Les théories génératives et les théories basées sur l'usage postulent donc des représentations mentales et des contenus appris différents, mais s'accordent sur la nécessité de l'*input* pour guider l'acquisition, qui fait en effet consensus au sein de la communauté de recherche en AL2.

2.2.1.3 La nécessité de l'*input*

L'*input* est défini comme l'ensemble des éléments de la langue cible auxquels l'apprenant est exposé dans son environnement linguistique, incluant plusieurs modalités (orale, écrite, visuelle) (Herschensohn et Young-Scholten, 2013). Plutôt que la nécessité de l'*input*, l'objet du débat est davantage la manière dont celui-ci est traité, la quantité d'*input* nécessaire et ses attributs (Khazaee et Sheikh, 2015). Le traitement de l'*input* est en effet l'étape initiale de l'acquisition d'une langue. Du fait de capacités de mémoire de travail limitées, les apprenants ne peuvent pas porter attention à la totalité de l'*input* : seuls certains traits sont remarqués. L'*input* doit donc être filtré pour être transformé en *intake* (VanPatten, 1996), c'est-à-dire la partie de l'*input* qui a été traitée et qui est ensuite disponible pour le processus d'acquisition. Or plusieurs théories s'opposent concernant le type d'*input* qui doit être fourni aux apprenants dans un contexte instructionnel, où les adultes ne sont pas quotidiennement exposés à la langue cible.

La question est notamment de savoir s'il vaut mieux exposer les apprenants à un *input* avec un très petit nombre d'exemples répétés de très nombreuses fois (nombre de tokens élevé mais faible nombre de types) ou à un *input* très varié mais comprenant par conséquent très peu d'exemples de chaque type. La première solution est plus efficace pour pouvoir extraire des *chunks* qui pourraient ensuite être étendus à de nouveaux types, alors que la deuxième option est supposée meilleure pour la productivité. Les théories constructivistes s'accordent plutôt à dire qu'il existe un effet de prototype et qu'il vaut donc mieux présenter un exemple prototypique d'une construction qui pourra ensuite être étendu à d'autres éléments. En revanche, Metz-Göckel (2014) affirme qu'une exposition à un très grand nombre d'exemples uniques est plus efficace pour extraire des motifs récurrents à partir des contingences et des associations entre les items de l'*input*. Il semble qu'en réalité, le niveau initial de compétence de l'apprenant soit un facteur dans l'efficacité de l'une ou l'autre méthode (Madlener, 2016). Lors d'un premier contact avec la structure, une exposition avec un rapport type/token faible (faible variabilité lexicale) est plus utile, possi-

	Théories génératives	Théories basées sur l'usage
Mécanismes	Spécialisés pour le langage	Partagés par plusieurs domaines
Représentations	Abstraites et liées à des règles	<i>Chunks</i> et constructions
Origine de l'acquisition	Innée, grammaire universelle	Apprentissage associatif
Rôle de l'input	Calibrer les paramètres des principes de UG	Nécessaire pour l'extraction des probabilités et régularités
Effets de fréquence et de la L1	Limités	Importants mais limités

TABLEAU 2.1 – Récapitulatif des principales différences entre théories génératives et théories basées sur l'usage, d'après [White \(2015\)](#)

blement car cela aide à la généralisation dans une phase ultérieure. En revanche, les apprenants ayant déjà des connaissances de la structure cible retirent plus de bénéfices d'une exposition à une plus grande variété de types, puisqu'ils sont déjà capables de généraliser. Le plus efficace serait de présenter en premier lieu de nombreux représentants d'exemples centraux prototypiques qui permettent l'ancrage de la structure, accompagnés de quelques tokens d'autres types pour aider à la généralisation. Pour [Madlener \(2016\)](#), cela est particulièrement utile lorsque les apprenants acquièrent un petit nombre de constructions de manière implicite, et non pas un grand nombre de constructions mal différencierées comme ce qui est souvent fait en classe.

S'il est admis que l'**input** est nécessaire pour l'acquisition d'une langue, ce que l'apprenant peut en extraire en **L2** fait davantage débat. Les nativistes postulent un système inné et spécifique faisant le lien entre l'expérience de l'**input** et la compétence linguistique pour pallier le problème de la pauvreté du stimulus. Les théories basées sur l'usage soutiennent, elles, que la richesse de l'**input** permet des calculs implicites inconscients qui sont à l'origine de la reconnaissance de motifs syntaxiques (voir Tableau 2.1 pour un récapitulatif des différences principales entre théories génératives et théories basées sur l'usage). Si les études montrent bien que certains aspects de la **L2** peuvent être appris de manière totalement implicite même à l'âge adulte, il semble que d'autres nécessitent au moins un certain degré de **connaissances explicites**. En effet, en **L2**, l'**input** est insuffisant pour que les probabilités d'occurrence des *chunks* puisse suffire à entraîner l'apprentissage. L'**input** ne devient pas

forcément de l'*intake* : cela dépend de la proéminence des éléments et de l'attention qui leur est accordée, et ces deux paramètres dépendent eux-mêmes de l'expérience d'apprentissage des langues du locuteur et de ce qui est présent dans sa L1. Des processus explicites sont alors nécessaires pour orienter l'attention afin de permettre à l'apprentissage implicite d'avoir lieu. Un des objectifs de cette thèse est donc de contribuer à déterminer quels aspects de la L2 peuvent être appris en l'absence d'instruction, ainsi que l'influence des connaissances préalables de la langue cible.

Un adulte apprenant une L2 ne part pas de zéro comme un enfant acquérant sa L1 : il connaît déjà une langue, ce qui lui permet de mettre à profit sa connaissance des mécanismes du langage mais peut aussi empêcher sa bonne assimilation de la structure de la L2. Quel effet la langue maternelle joue-t-elle alors dans l'apprentissage d'une deuxième langue ?

2.2.2 Effet de la L1 et modèles de transfert

L'effet de l'exposition à l'*input* sur l'acquisition de la L2 peut être modifié par la langue maternelle de l'apprenant. À quel point la L1 a-t-elle une influence sur l'apprentissage de la L2 ?

Influence de la L1 sur ce qui peut être acquis en L2 Plusieurs théories postulent que ce qui n'existe pas dans la L1 ne peut pas être acquis à un niveau similaire à celui des natifs dans la L2 par des adultes. C'est le cas par exemple de l'hypothèse des traits fonctionnels défaillants (*Failed Functional Features Hypothesis*) de Hawkins et Chan (1997) ou de l'hypothèse de l'interprétabilité (Tsimpli et Dimitrakopoulou, 2007) qui avance que seuls les traits nouveaux qui sont interprétables, c'est-à-dire qui ont un sens fort et non redondant, peuvent être acquis. D'autres chercheurs prétendent en revanche que tout peut être acquis et que l'état final de la L2 n'est pas déterminé par les propriétés de la L1. Par exemple, les tenants générativistes d'une position de transfert total et d'accès total à la grammaire universelle (*Full Transfer Full Access*) tels que Schwartz et Sprouse (1996) soutiennent que les adultes peuvent être très performants dans des tâches portant sur des traits structurels spécifiques à la L2 — cette performance est cependant atteinte grâce à des mécanismes qualitativement différents de ceux utilisés par les locuteurs natifs.

Transfert dans les théories basées sur l'usage Le modèle de compétition de MacWhinney (2005a,b, 2012) stipule que tout ce qui peut être transféré le sera (« *everything that can transfer will* », MacWhinney, 2005a, p.59). Dans cette perspective, les mécanismes d'apprentissage de la première langue sont un sous-ensemble des mécanismes d'apprentissage de la deuxième, ils sont moins puissants lors de l'acquisition de la L2 mais sont toujours accessibles. L'état de départ de la L2 cor-

respondant à l'état final de la L1, un transfert conséquent s'effectue notamment au début de l'apprentissage : tout modèle d'acquisition de la L2 doit donc nécessairement prendre en compte la structure de la L1 et les effets de transfert. Le modèle de compétition repose sur l'idée qu'il existe une compétition en temps réel entre plusieurs signaux (*cues*) guidant l'interprétation des stimuli. Il inclut sept composantes : la compétition, les arènes, les signaux, le stockage, le *chunking*, le code et la résonance (MacWhinney, 2005a,b). Nous ne détaillerons pas chacune d'elles ici mais nous concentrerons sur les plus importantes pour la compréhension du modèle. La compétition est le processus qui, pour donner du sens à un stimulus, fait une sélection entre plusieurs signaux ou indices conflictuels en fonction de leur degré d'activation, qui dépend lui-même de facteurs tels que la fréquence d'apparition de l'indice ou le délai écoulé depuis sa dernière utilisation. Les arènes sont les différents domaines du langage, au niveau de la perception (phonologie, morphosyntaxe, etc.) et de la production (formulation du message, activation lexicale, planification articulatoire, etc.). Les signaux permettent de récupérer les correspondances entre forme et fonction : par exemple, pendant la compréhension, la forme est un signal de la fonction de l'élément. Le stockage renvoie à la capacité d'encodage et de récupération des éléments rencontrés pendant l'exposition, en mémoire de travail et en mémoire à long terme. Le processus de *chunking* consiste à créer des unités de syllabes, mots et phrases pour pouvoir les combiner ensuite. Le code correspond au choix de la langue utilisée, avec des interactions entre les codes à la disposition du locuteur qui conduisent parfois à des phénomènes de *code-switching*. Enfin, la résonance est un phénomène d'activation d'une langue basée sur la coactivation répétée de connections cérébrales reciproques : par exemple, si une langue est activée de manière répétée au détriment de l'autre, elle entre dans un état de résonance élevée, qui cause des retards dans l'accès à l'autre langue.

L'apprentissage n'est pas une composante particulière puisqu'il se fait grâce à l'interaction entre toutes les composantes du modèle. La compétition prend une forme différente selon les arènes, qui ne sont pas isolées les unes des autres mais peuvent interagir. Par exemple, dans l'arène morphosyntaxique, il peut y avoir une compétition entre plusieurs candidats pour identifier le sujet d'une phrase, selon que les signaux retenus sont l'ordre des mots ou le marquage casuel. La principale question de recherche du modèle de compétition concerne l'ordre de sélection des signaux potentiels pour l'interprétation du langage en L2. La théorie considère que le stockage est au cœur du traitement syntaxique, par la mémorisation de constructions basées sur des items. Un des problèmes de l'acquisition de la L2 est que les apprenants n'encodent pas des *chunks* suffisamment grands et n'ont donc pas toutes les informations pour pouvoir ensuite généraliser des motifs et des constructions.

Pour MacWhinney, le transfert est à l'origine du déclin des capacités d'apprentissage en L2. En effet, la L1 est dans un état de grande activation lors de l'appren-

tissage de la L2 : il faut donc utiliser d'autres stratégies pour permettre la résonance de la L2, telles que l'optimisation de l'*input*. Le transfert est particulièrement important dans les aires de la perception auditive, de l'articulation, du lexique, de la sélection des indices pour l'interprétation des phrases, et de la pragmatique. Il l'est moins en morphosyntaxe et en production syntaxique, mais il persiste au-delà des stades initiaux de l'apprentissage (White, 1991). Cependant, la sélection des signaux morphosyntaxiques pour l'interprétation est calquée sur l'expérience de la L1, du moins au début de l'acquisition. L'apprentissage associatif est ainsi affecté par l'attention « apprise » : certains signaux redondants sont ignorés parce que l'usage de la L1 a enseigné à utiliser d'autres indices pour interpréter la structure en question (Ellis, 2015). De plus, l'utilisation adéquate des signaux de la L2 est affectée par leur validité, c'est-à-dire la fréquence avec laquelle ils apparaissent pour signaler une fonction sous-jacente, et par leur fiabilité dans le marquage de cette fonction (Ellis, 2005a). Le modèle de compétition a été beaucoup testé et prédit bien les effets de transfert langagier (Ellis, 2005a), montrant comment une interaction entre plusieurs indices peut aboutir à l'activation d'une seule hypothèse interprétative.

Le transfert depuis la L1 a donc des effets négatifs (MacWhinney, 2015) : il contribue à l'ancrage de la L1, en rendant des structures résistantes à la restructuration nécessaire pour l'acquisition de la L2, et est responsable d'un certain parasitisme qui fait que les apprenants n'accèdent au sens de la L2 qu'à travers des traductions depuis leur L1. Mais le transfert a également certains effets plus positifs, en facilitant l'apprentissage de structures similaires, et en contribuant au processus de *chunking* qui permet une plus grande fluence.

Les effets de transfert sont réels, et jouent un rôle non négligeable dans l'apprentissage d'une L2. Ils peuvent moduler l'efficacité de l'exposition et donc d'un apprentissage implicite. C'est par conséquent un paramètre qui doit être pris en compte dans une recherche sur les processus implicites et explicites d'apprentissage de la L2. Il faut cependant noter que toutes les erreurs en L2 ne viennent pas d'un transfert de la L1, mais parfois également de généralisations abusives de régularités perçues dans l'*input* (Zimmer *et al.*, 2009), et que si la structure de la L1 peut affecter la vitesse d'acquisition des traits les plus complexes, elle ne peut pas remettre totalement en cause les étapes générales du développement qui sont similaires pour les apprenants quelle que soit leur première langue (Collins et Marsden, 2016).

L'apprentissage de la L2 repose donc sur des mécanismes d'apprentissage associatif et sur l'extraction de régularités dans l'*input*, grâce aux calculs statistiques effectués implicitement et au processus de *chunking*. Mais si ces mécanismes sont similaires à ceux qui permettent l'acquisition de la L1, ils ne suffisent pas à garantir l'acquisition de la L2 à cause d'un déclin dans les capacités cognitives d'apprentissage implicite, résultant des baisses de performance de la mémoire procédurale. Au début

de leur apprentissage, les apprenants s'appuient donc davantage sur leur mémoire déclarative pour compenser et accélérer leur acquisition. Cela leur permet de stocker des unités qui serviront ensuite d'input pour les processus implicites de calculs statistiques. Puisque les mécanismes d'apprentissage implicite sont défaillants chez les adultes, le recours à des mécanismes plus explicites est nécessaire pour les apprenants adultes : à quel point cela est-il bénéfique et comment ?

2.3 Apprentissage de la L2 et nécessité de l'instruction

2.3.1 Nécessité de l'instruction : qu'est-ce qui est nécessaire ?

2.3.1.1 Indications positives et négatives

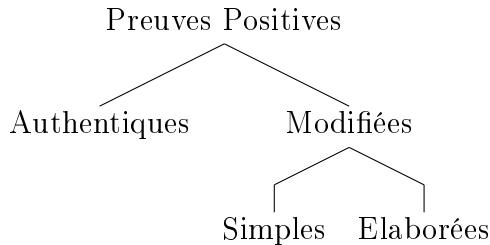
Avant même la question de l'instruction, la notion d'indications négatives et positives (*positive and negative evidence*) et de leur nécessité fait débat. Qu'est-ce qui constitue une indication négative ? Celles-ci sont-elles indispensables à l'acquisition de la L2 ?

Lors de l'acquisition de la langue maternelle, l'enfant a surtout accès à des indications positives, c'est-à-dire à un input natif correct et naturel, qui est le moyen le plus direct de formuler des hypothèses linguistiques (Gass, 2003). Ces indications positives sont considérées comme les seules nécessaires à l'acquisition de la L1, même si les enfants ont également accès à des indications négatives indirectes (l'absence de certaines structures dans l'input) et directes (des corrections par leur entourage).

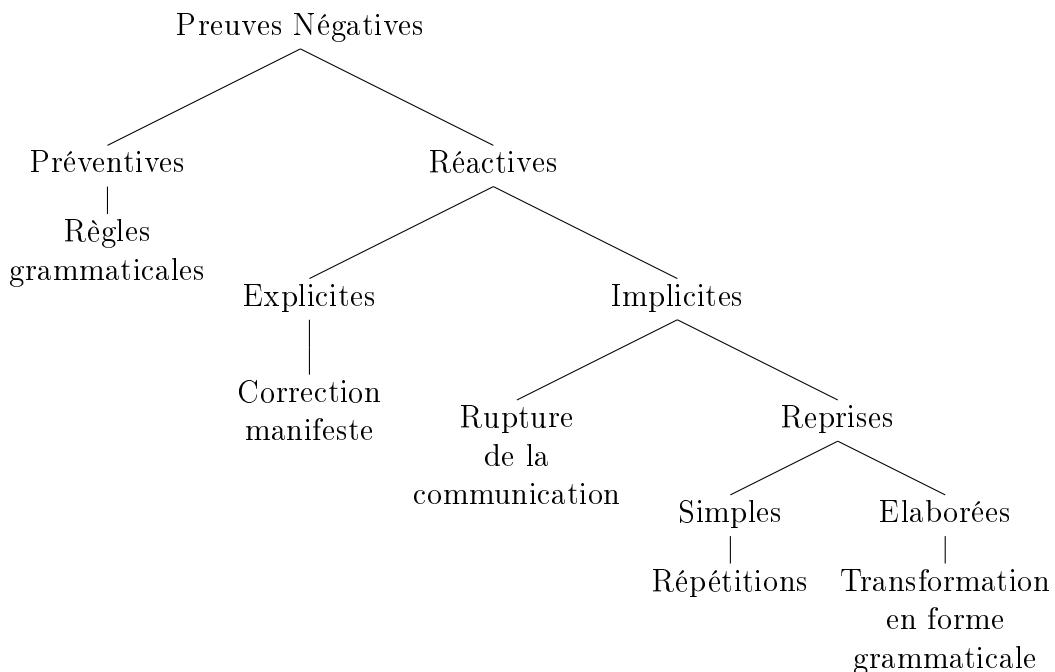
En L2, les indications positives sont issues d'un input modifié et non authentique, avec des explications et une forme de prescription. Il y a confusion entre les indications positives réelles et potentielles, c'est-à-dire ce qui figure dans l'input et ce qui en est réellement extrait, puisque de mauvaises extractions peuvent être réalisées (Bruton, 2000). Les apprenants d'une L2 ont cependant accès à un grand nombre d'indications négatives sous la forme d'informations données sur l'grammaticalité de certains énoncés (Gass, 2003). Cependant, ces informations varient en nature. Elles peuvent être de simple reprises (*recasts*), quand l'interlocuteur répète ou transforme l'énoncé incorrect en énoncé correct, sans explicitement mentionner le fait qu'il n'est pas grammatical. Mais elles peuvent aussi être des explications métalinguistiques fournies. Il y a également des indications négatives indirectes, lorsque les formes attendues par les apprenants n'apparaissent pas dans l'input. Ces indications ne sont toutefois pas réellement fiables puisque, dans le cadre limité de la classe, l'enseignant peut ne pas utiliser certains traits grammaticaux ou au contraire accentuer l'exposition à d'autres structures. La notion d'indication négative n'est pas totalement consensuelle : cela correspond-t-il à ce qui est disponible ou ce qui

est perçu ? Les indications les moins ambiguës sont celles qui mélangent les preuves négatives et positives, c'est-à-dire des cas fournissant des indices clairs sur ce qui est acceptable dans la langue cible et ce qui ne l'est pas. Long (2015) propose la taxonomie détaillée dans les Arbres 1 et 2.

(1)



(2)



Si en L1 les indications positives suffisent à l'acquisition, est-ce donc vraiment le cas en L2 ? Ces indications peuvent en effet être ambiguës et mener à de mauvaises interprétations (Bruton, 2000). L'**input** auquel les apprenants sont majoritairement exposés, en classe, n'est pas fiable : il peut donner lieu à des généralisations abusives du fait de la surreprésentation de certaines formes et de l'omission d'autres traits. L'**input** ne vient pas uniquement de l'enseignant, mais aussi des pairs, ce qui ne constitue pas non plus une source authentique. Même l'**input** natif auquel l'apprenant est exposé peut être source de difficultés lors qu'il est soumis à des variations dialectales. De plus, les généralisations qu'il est possible de faire à partir de l'**input** limité de la classe peuvent ne pas suffire à contrer les effets de transfert de la L1. L'absence d'une structure dans l'**input** fourni par l'enseignant peut ainsi ne pas suffire à prouver qu'une forme calquée sur la L1 est inacceptable en langue cible.

Il est possible que, en L2, des indications négatives soient nécessaires pour que les apprenants corrigent leurs généralisations abusives (Trahey et White, 1993; White, 1991). Les théories basées sur l'usage considèrent ainsi que si l'usage est nécessaire et suffisant pour l'acquisition de la langue maternelle, ce n'est pas le cas pour la L2. Le stade initial de la L2 correspondant à l'état final de la langue maternelle et à ses représentations, les routines de traitement du langage et de direction de l'attention sont calquées sur la L1 et doivent être recalibrées pour s'adapter à la L2 (Ellis, 2015). Cela est d'autant plus vrai dans un environnement éducatif (Perales *et al.*, 2009) : lorsque les opportunités sont limitées pour établir un véritable contact avec la langue cible, les apprenants doivent davantage s'appuyer sur la grammaire de leur L1 pour acquérir leur L2.

2.3.1.2 Conscience et attention

À l'âge adulte, l'attention au langage est donc calibrée pour la langue maternelle (Ellis, 2015), c'est-à-dire pour détecter les signaux clef permettant son interprétation. Cette détection implique potentiellement un certain degré de conscience de ces structures. La conscience est une notion cruciale dans la question de l'apprentissage implicite et explicite : d'après Andringa et Rebuschat (2015), le véritable objet de ce débat est en effet plutôt de savoir s'il est possible d'apprendre sans conscience. Quel est donc le rôle de l'attention et de la conscience dans l'acquisition de la L2 ?

Certains chercheurs, notamment ceux issus des courants générativistes, avancent qu'il est non seulement possible d'acquérir une langue sans attention ni conscience mais que c'est la seule manière : l'attention est nécessaire à la détection de formes, et la détection nécessaire à l'apprentissage, mais aucun de ces deux processus n'est indispensable pour l'acquisition implicite de la L2 (voir Paradis, 2009). D'autres, tels que Schmidt (1990, 1995a, 2010), avancent que l'attention est responsable de la détection des formes cibles et cruciale pour que l'intake se produise : « *input does not become intake for language learning unless it is noticed, that is, consciously registered* » (Schmidt, 2010, p.721). Pour que l'apprenant puisse corriger ses erreurs, il faut qu'il remarque les différences entre sa production et la langue cible.

Les opposants à l'hypothèse de la nécessité de l'attention soutiennent que celle-ci n'est pas utile pour l'acquisition de toutes les composantes de la langue. En effet, apprendre le lexique et la morphologie exigent un niveau d'attention qui n'est pas nécessaire pour apprendre la syntaxe. Cela s'explique par le fait que le vocabulaire est traité en mémoire déclarative y compris en langue maternelle. Ce qui fait l'objet de l'attention et qui est détecté, ce sont les éléments des structures superficielles et non les règles abstraites sous-jacentes. Or, ce n'est pas la forme de surface qui sert à l'assimilation : la force des connexions établies entre forme et sens vient des calculs implicites effectués sur les traits auxquels on ne prête pas nécessairement attention (Paradis, 2009). Les éléments qui servent à l'assimilation ne sont pas détectables et

ne peuvent donc faire l'objet de l'attention. Cependant, les éléments explicites de l'**input** peuvent ensuite devenir de l'*intake* pour l'apprentissage, en fournissant un objet aux calculs statistiques implicites.

Cependant, les études montrant un effet facilitateur de la **conscience** et de l'attention sont nombreuses (Brooks *et al.*, 2006; Faretta-Stutenberg et Morgan-Short, 2011; Grey *et al.*, 2014; Leow, 1997, 2000; Rebuschat *et al.*, 2015; Rosa et Leow, 2004). L'hypothèse de la détection (*Noticing Hypothesis*) de Schmidt (1990, 1995a, 2001, 2010) semble la plus adaptée pour rendre compte des effets observés. La conscience est une notion large qui comprend plusieurs éléments : d'après Schmidt (1990, 2010), elle peut être comprise de plusieurs manières différentes :

- L'intentionnalité, avec l'opposition entre **apprentissage fortuit** et intentionnel. On sait qu'il est possible d'apprendre de manière fortuite (Schmidt (2010) cite l'exemple de l'**apprentissage fortuit** du vocabulaire pendant une lecture pour le plaisir), mais l'attention portée à la détection d'indices facilite également l'apprentissage.
- Un état subjectif provenant de l'attention, mais qui renvoie à un large éventail de mécanismes attentionnels (Tomlin et Villa, 1994).
- La **conscience** ou connaissance des formes (*awareness*), la forme la plus controversée.

Nous parlerons ici de **conscience** au sens de *awareness*, c'est-à-dire une certaine **conscience** et connaissance des structures en jeu. Cette forme de **conscience** est intimement liée à l'attention, mais être conscient des règles de grammaire n'est pas un prérequis pour l'apprentissage puisque l'acquisition non consciente est possible en L1. Schmidt propose donc de distinguer entre la **conscience** au niveau de la *détection*, c'est-à-dire limitée à l'enregistrement conscient d'énoncés qui ont été objets de l'attention, et la **conscience** au niveau de la *compréhension*, qui permet de faire des généralisations sur plusieurs énoncés et inclut les connaissances métalinguistiques des règles. La proposition de Schmidt (1990) est que la détection est nécessaire pour l'acquisition des langues secondes, et que la compréhension facilite l'apprentissage mais n'est pas indispensable. Les études de Leow (1997, 2000) vont dans ce sens : les résultats montrent que l'effet d'apprentissage est le plus grand chez les participants qui sont conscients au niveau de la compréhension, suivi du groupe conscient au niveau de la détection. En revanche, aucun effet d'apprentissage n'a été observé chez ceux n'ayant pas détecté la structure cible. De fait, les indications qu'il serait possible d'apprendre sans attention consciente portée à la forme des stimuli même à l'âge adulte existent mais sont rares et controversés. En effet, l'étude de Williams (2005) présentée plus haut a fait l'objet de tentatives de réPLICATION qui n'ont pas fonctionné (Faretta-Stutenberg et Morgan-Short, 2011; Hama et Leow, 2010) : il est possible que l'effet obtenu dans Williams (2005) ait principalement reposé sur des participants ayant une expérience des disciplines liées à l'étude du langage, puisque

ces derniers n'avaient pas été exclus. Certes, les connaissances métalinguistiques et la compétence implicite restent deux systèmes distincts, ce qui explique que l'on puisse parfois dire plus au sujet d'une langue étrangère que dans cette langue. Cependant, les éléments conscients de la **mémoire de travail** aident à mobiliser et à guider l'activation des réseaux non conscients qui accomplissent ces fonctions. La **mémoire de travail** elle-même est par définition consciente : son contenu est toujours accessible à la **conscience**, mais elle facilite indirectement le développement de routines non conscientes.

La **conscience** est-elle donc nécessaire à l'acquisition de la **L2**? Chez les enfants apprenant leur **L1**, les correspondances entre forme et sens sont intégrées de manière fortuite, sans effort conscient. Cependant, il semble que cela ne soit pas suffisant pour les adultes (Schmidt, 1990, 2010). Pour ces derniers, l'attention doit être attirée vers l'**input**, pour conduire à la production consciente de phrases qui peuvent ensuite, grâce à la pratique, être internalisées via le développement parallèle de routines non conscientes et non soumises à l'attention (Ellis, 2005a). Être conscient est donc nécessaire à l'**apprentissage explicite** mais ne rentre pas dans le champ de l'acquisition implicite. Cependant, à l'âge adulte, il semble que pour qu'il y ait acquisition il faille forcément passer par un apprentissage et donc par un état conscient.

2.3.2 Efficacité de l'instruction

Si les adultes doivent donc passer par des processus explicites et attentionnels pour pouvoir compléter l'acquisition de leur langue cible, il est nécessaire d'évaluer l'efficacité de ces processus métalinguistiques.

2.3.2.1 L'instruction est globalement efficace

Les études montrent que, d'une manière générale, l'instruction et les formes d'enseignement explicites sont utiles pour l'acquisition de la **L2**. Dans leur méta-analyse de 2000, Norris et Ortega ont passé en revue 49 études publiées entre 1980 et 1998 avec un protocole expérimental ou quasi-expérimental pour comparer les effets d'une instruction explicite ou implicite. Le caractère implicite d'une forme d'entraînement était compris comme une absence de présentation des règles métalinguistiques ou d'attention portée à la forme grammaticale. Les mesures utilisées dans les études analysées étaient variées : jugements métalinguistiques, réponse parmi un choix multiple, production contrainte ou production libre. Les résultats de cette méta-analyse montrent que les formes d'instruction conduisent à des gains tangibles dans l'apprentissage. Les types d'instruction plus explicites sont globalement plus efficaces :

il y a un effet équivalent et conséquent des catégories « Focus sur la forme ⁶ » (*Focus on Form*) et « Focus sur les formes ⁷ » (*Focus on Forms*). L'effet de l'instruction est également durable et peut être observé sur des post-tests tardifs. Cependant, les auteurs observent que les mesures utilisées pour tester les connaissances favorisent l'**apprentissage explicite** et affectent probablement la magnitude de l'effet observé. L'instruction a donc un effet réel, mais l'effet des apprentissages implicites est sous-évalué par l'utilisation de mesures favorisant l'application des connaissances déclaratives.

Taraban (2004) a montré que le bénéfice de l'instruction est plus grand lorsque le temps est limité et que la structure à apprendre est saillante. Dans le cas contraire, un apprentissage plus implicite peut être plus profitable. D'autre part, au sein même de l'instruction, toutes les composantes n'ont pas une efficacité équivalente : ce n'est pas nécessairement l'explication métalinguistique qui fait la différence et qui facilite l'acquisition de la L2. C'est plutôt la nature de la pratique qui compte : une tâche d'application avec de l'**input** structuré et dans laquelle la compréhension de la forme est essentielle pour compléter la tâche suffit à l'apprentissage (Sanz et Morgan-Short, 2004). La plupart des études récentes observent que, comparés à des groupes suivant un entraînement implicite, ceux recevant un entraînement explicite sont au moins aussi performants sur un jugement de grammaticalité (Bell, 2017; Morgan-Short *et al.*, 2012; Sanz et Morgan-Short, 2004) voire meilleurs (Andringa et Curcic, 2015; Batterink et Neville, 2013b; Denhovska *et al.*, 2016; Grey *et al.*, 2014; Ruiz-Hernández *et al.*, 2016). Andringa et Curcic (2015) ont comparé la performance de 51 locuteurs natifs du néerlandais entraînés sur une langue artificielle de manière explicite ou implicite. Les participants devaient acquérir une propriété absente de leur L1 : le marquage différentiel de l'objet, qui fait que les objets animés uniquement sont précédés d'une préposition ⁸. Ils recevaient un entraînement dans lequel des stimuli audio simples décrivaient des images présentées à l'écran. Pour le groupe suivant un entraînement explicite, deux images étaient remplacées par des explications métalinguistiques sur le marquage différentiel. Les participants étaient ensuite testés par un jugement de grammaticalité et une tâche d'oculométrie (eye-tracking) dans laquelle ils devaient choisir l'image correspondant au stimulus audio entendu. Seuls les participants du groupe Explicite avaient une performance

6. Ce type d'enseignement invite les apprenants à concentrer leur attention sur les formes grammaticales intégrées dans des énoncés ayant un sens. Cela consiste à se focaliser brièvement sur les propriétés formelles de structures qui semblent poser problème lors d'un échange et qui seront utiles pour la communication.

7. Les enseignements de type « Focus sur les Formes » se concentrent sur les formes grammaticales isolées, selon l'idée que les formes cibles de la L2 doivent être enseignées une par une en fonction de leur complexité.

8. Cette propriété existe par exemple en espagnol : on dira « *Veo a la chica* » (« Je vois la fille »), mais « *Veo la manzana* » (« Je vois la pomme »).

meilleure que le hasard lors du jugement de grammaticalité (avec une performance correcte à 83 %). En revanche, aucun effet du groupe n'a été observé pour le temps de réaction, ni sur la tâche d'eye-tracking : aucun participant y compris ceux ayant reçu les explications métalinguistiques ne prédisait l'image correcte grâce au marquage de l'objet. Il n'y avait donc pas d'avantage pour les *connaissances explicites* sur le traitement de la langue en temps réel. Ruiz-Hernández *et al.* (2016) ont comparé les performances de 50 locuteurs natifs de l'anglais recevant une instruction ou une simple exposition à une langue semi-artificielle composée de mots de l'anglais suivant la syntaxe de l'allemand avec trois règles de placement du verbe de complexité graduelle. Lors de l'entraînement, les participants devaient juger la plausibilité de la phrase présentée et donc se concentrer sur le sens des mots en ignorant leur ordre mélangé, puis répéter le stimulus. Les participants du groupe Explicite étaient informés que l'ordre des mots suivait des règles précises qui étaient fournies. Les mesures de test étaient un jugement de grammaticalité sans limite de temps accompagné de mesures de confiance. Les auteurs ont observé un effet d'apprentissage pour les participants des deux groupes, mais cet effet était plus grand pour ceux ayant été informés des règles. McManus et Marsden (2017) ont également montré que recevoir une instruction en ou sur la L1 en même temps que la L2 conduit à des effets plus durables sur l'instruction. Dans cette étude, 34 apprenants anglophones de l'anglais ont reçu une instruction sur l'usage de l'imparfait en français soit uniquement en français, soit en français et en anglais avec des exemples dans les deux langues. Après une instruction initiale sur le système conceptuel de l'imparfait via une vidéo courte et des explications métalinguistiques, les participants appliquaient leurs connaissances avec une tâche liant la forme et le sens lors de laquelle ils devaient interpréter une phrase lue ou entendue. Les participants étaient ensuite invités à évaluer à quel point un stimulus en français correspondait à un contexte présenté en anglais, puis accomplissaient d'une tâche de lecture à leur propre rythme accompagnée de questions de compréhension. Les résultats montrent que les participants recevant une instruction uniquement en L2 progressent mais surtout sur les tâches qui ne sont pas en temps réel, et ne maintiennent majoritairement pas ces gains lors du post-test. En revanche, ceux ayant également reçu une instruction en anglais et sur l'anglais progressent sur toutes les mesures et maintiennent ces gains lors du post-test tardif. Il est possible qu'associer la L1 à l'instruction sur la L2 ait aidé à établir les représentations conceptuelles de l'aspect et ait facilité le renforcement des associations forme / sens en L2. L'effet sur les mesures en temps réel suggère que ce type d'entraînement a pu aider les participants à s'appuyer davantage sur des stratégies de traitement propres à la L2 plutôt qu'à la L1. L'instruction a donc bien un effet bénéfique sur l'apprentissage de la L2, mais certains paramètres peuvent faire varier son efficacité. C'est le cas de la langue d'instruction, mais aussi de ce sur quoi elle porte.

2.3.2.2 L'efficacité de l'instruction dépend des éléments de langage

Le principal élément conçu comme pouvant influencer l'efficacité de l'instruction est la complexité de la structure cible. Cependant, les hypothèses concernant l'effet de ce facteur sont contradictoires : d'un côté, Krashen (1982) propose que l'apprentissage implicite est avantageux pour les structures complexes mais moins pour les règles faciles, alors que Hulstijn et de Graff (1994) considèrent que les règles difficiles sont mieux apprises à l'aide de l'instruction car elles sont plus difficiles à détecter. Le concept même de complexité de la structure est sujet à controverse ; nous y reviendrons plus loin (voir Chapitre 5 Section 5.2.2.1, p. 108).

Tagarelli *et al.* (2015) ont comparé l'apprentissage fortuit et instruit de règles de placement du verbe empruntées à l'allemand et de complexité variable. Un effet d'apprentissage a été obtenu pour les deux groupes. Ceux ayant reçu une instruction étaient meilleurs sur les structures simples, mais aucune différence selon la complexité des structures n'a été observée chez les participants du groupe d'apprentissage fortuit. Housen *et al.* (2005) ont comparé l'effet de l'instruction au sujet de phrases plus ou moins complexes sur un jugement de grammaticalité et des tâches de production orale et écrite. Les participants ayant reçu une instruction explicite sur les constructions plus complexes ont obtenu la meilleure performance et le plus grand effet d'apprentissage. L'effet d'apprentissage des participants ayant reçu une instruction était le plus fort sur la tâche de production non planifiée, qui fait pourtant appel à des connaissances implicites. L'étude de Kachinske *et al.* (2015) a comparé l'apprentissage fortuit à l'apprentissage intentionnel d'une langue semi-artificielle comportant des structures plus ou moins complexes avec un jugement de grammaticalité. Seul le groupe ayant reçu un apprentissage intentionnel a appris la structure la plus complexe. Cependant, cet effet était essentiellement dû aux participants de ce groupe étant devenus conscients de la règle. La performance des autres n'était pas différente de celle des participants du groupe d'apprentissage fortuit. C'est donc plus la conscience que l'instruction elle-même qui était responsable de l'apprentissage de la structure complexe — mais cela va tout de même dans le sens de l'hypothèse de Hulstijn et de Graff (1994). Spada et Tomita (2010) ont passé en revue les études examinant l'effet de l'instruction en rapport avec la complexité des structures. Leur méta-analyse conclut que les effets des entraînements explicites sont plus marqués que ceux des entraînements implicites quelle que soit la complexité de la structure, mais que l'instruction est particulièrement efficace pour les règles simples. L'entraînement implicite conduit à un petit effet d'apprentissage sur les structures complexes. L'instruction contribue à des connaissances contrôlées mais aussi à l'utilisation spontanée de formes simples et complexes — bien que des connaissances explicites ne garantissent pas l'existence de connaissances implicites. Cette analyse a cependant été rendue difficile par l'absence de consensus sur la manière de conceptualiser la complexité de la règle, que ce soit sur des critères psycholinguistiques

(âge d'acquisition de la structure et facilité de traitement), linguistiques (nombre de transformations, similarité avec la L1) ou pédagogiques (facilité d'apprentissage et de compréhension à partir de l'observation des erreurs d'apprenants). Le critère adopté par Spada et Tomita (2010) est la complexité dérivationnelle et s'appuie donc sur la grammaire générative, ce qui est potentiellement contestable pour une analyse s'intéressant à l'acquisition et au traitement de la L2. DeKeyser (2003) propose un tableau récapitulatif de l'efficacité de l'instruction en fonction de la complexité de la règle (Tableau 2.2).

Difficulté de la règle	Efficacité de l'instruction
Très facile	Inutile (pas nécessaire)
Facile	Accélère le processus d'apprentissage explicite
Modérée	Étend l'état final de la L2
Difficile	Favorise les processus d'apprentissage implicites ultérieurs en augmentant les chances de détection
Très difficile	Inutile (inefficace)

TABLEAU 2.2 – Efficacité de l'instruction en fonction de la complexité de la règle d'après DeKeyser (2003)

Mais d'autres facteurs que la complexité peuvent jouer un rôle sur l'efficacité de l'instruction, que l'on peut répartir en deux catégories : les facteurs ayant trait au système de langue et les facteurs ayant trait à la règle elle-même et à sa formulation. Dans la première catégorie, on trouve l'effet de la régularité et de la complexité du système morphologique (Housen *et al.*, 2005; Hulstijn, 2005) : la morphologie de la L2 est-elle riche, le système casuel complexe ? Le caractère schématique de la structure (Roehr-Brackin, 2015), c'est-à-dire si elle peut être transposée à d'autres éléments, et sa fréquence (Collins et Marsden, 2016; Hulstijn, 2005) ont aussi un rôle à jouer. L'efficacité de l'instruction dépend également de la proéminence de la structure cible dans l'input (Collins et Marsden, 2016; Housen *et al.*, 2005; Hulstijn, 2005) et de sa redondance, c'est-à-dire de son utilité pour la communication (Collins et Marsden, 2016; Housen *et al.*, 2005), ainsi que du degré de contraste avec la règle équivalente en L1 (Housen *et al.*, 2005).

Dans la catégorie des facteurs ayant trait à la règle, on trouve la clarté et la complexité conceptuelle de la règle (Housen *et al.*, 2005; Roehr-Brackin, 2015), qui dépend notamment du nombre d'éléments présents dans la description métalinguistique. La technicité de la métalangue et son intelligibilité ont également un fort impact, notamment car elles influencent la facilité de mémorisation de la règle (Housen *et al.*, 2005; Roehr-Brackin, 2015). Enfin, la manière dont la règle est associée à des exemples (leur présence et leur clarté) conditionne l'efficacité de son apprentissage (Housen *et al.*, 2005).

2.3.2.3 L'efficacité de l'instruction est modulée par les différences individuelles

Enfin, la langue elle-même n'est pas la seule source de variabilité de l'effet de l'instruction : les participants et leurs différences idiosyncrasiques jouent aussi un rôle important. Ces facteurs incluent l'âge du participant, l'âge d'acquisition de la L2, les facteurs affectifs tels que la motivation, les conditions d'apprentissage ou encore les aptitudes cognitives, et leurs interactions (DeKeyser, 2003; Tagarelli *et al.*, 2015). Ainsi, les corrélations entre les aptitudes cognitives et l'apprentissage d'une L2 sont plus faibles chez les enfants que chez les adultes (DeKeyser, 2003, 2000). De plus, l'aptitude joue un rôle distinct de l'instruction mais uniquement chez les adultes. Enfin, l'âge d'acquisition de la L2 prédit la compétence en L2 de manière significative chez les participants ayant de faibles aptitudes notamment une capacité verbale moyenne ou faible, mais pas chez ceux ayant de bonnes capacités cognitives (DeKeyser, 2000). L'apprentissage via l'instruction devrait donc avoir des effets différents selon l'âge, puisque les enfants apprennent plus de manière implicite et les adultes de manière explicite. D'après l'hypothèse de la Différence Fondamentale de DeKeyser, seuls les adultes ayant un haut niveau de capacités analytiques verbales pourront atteindre un niveau de compétence proche des natifs en L2. En revanche, chez les enfants, les capacités cognitives ne prédisent pas la performance parce que l'acquisition s'appuie sur des mécanismes d'apprentissage implicite distincts. En effet, en théorie, l'apprentissage implicite est plus robuste et moins variable entre les individus (Tagarelli *et al.*, 2015).

Cependant, certaines études montrent que l'apprentissage implicite est tout de même susceptible aux différences individuelles (Granena et Long, 2013), par exemple aux aptitudes en mémoire procédurale, notamment lorsque les apprenants ayant déjà séjourné longtemps dans un pays où leur L2 est parlée (Suzuki et Dekeyser, 2015). Les capacités dans différents types d'aptitudes cognitives ont donc un effet différentiel sur l'efficacité des conditions d'apprentissage. Si l'apprentissage implicite repose sur les capacités de contrôle et d'apprentissage procédural, l'apprentissage explicite devrait lui être davantage lié aux capacités en mémoire de travail. Dans l'étude de Tagarelli *et al.* (2015), la mémoire à court terme phonologique était en effet corrélée à la performance des participants. Au sein du groupe Explicite, les auteurs n'ont pas observé de corrélation entre différences individuelles et apprentissage, concluant donc que les explications métalinguistiques pourraient remettre les participants à égalité ; alors que dans le groupe Implicit, la capacité de contrôle et d'inhibition est négativement corrélée à la performance. En revanche, dans l'étude de Ruiz-Hernández *et al.* (2016), les aptitudes en mémoire de travail prédisaient la performance des participants ayant reçu une instruction sur les items grammaticaux, indiquant que ces capacités ont bien un impact sur le succès de l'apprentissage explicite. Kachinske *et al.* (2015) ont observé une corrélation entre capacités de mé-

moire de travail et performance sur les phrases agrammaticales pour les deux types d'entraînement, alors que ces aptitudes ne jouaient un rôle sur les items grammaticaux qu'en cas d'apprentissage explicite. Cela corrobore les prédictions du modèle Déclaratif / Procédural : lors d'un apprentissage explicite, les stimuli sont traités par la mémoire déclarative et font appel à la mémoire de travail, alors qu'un apprentissage implicite favorise l'utilisation d'autres processus pour le traitement des phrases grammaticales — c'est-à-dire de l'input naturel authentique. Le traitement des items non grammaticaux fait nécessairement appel à des processus plus explicites pour identifier l'erreur grammaticale. D'après le modèle Déclaratif / Procédural, les capacités de mémoire procédurale prédisent la performance pour les apprenants recevant un entraînement implicite, mais uniquement à un niveau de compétence élevé — lorsque les apprenants sont capables de s'appuyer sur leur mémoire procédurale et plus seulement sur leur mémoire déclarative. Carpenter (2008) a examiné l'impact des capacités de mémoire déclarative, procédurale et de travail sur l'effet d'entraînements explicites et implicites sur l'acquisition d'une langue artificielle. Ses résultats indiquent que l'apprentissage implicite est bénéfique uniquement pour les apprenants ayant les meilleures capacités d'apprentissage procédural⁹. Cet effet se retrouve dans Brill-schuetz et Morgan-Short (2014) : une plus grande capacité en mémoire procédurale est associée à une meilleure performance au jugement de grammaticalité après un entraînement implicite. La mémoire procédurale a donc bien un rôle à jouer dans l'acquisition de la L2 chez les adultes. Morgan-Short *et al.* (2014) ont examiné l'influence des capacités de mémoire déclarative et procédurale au début et à la fin de l'acquisition d'une langue artificielle. Les résultats sont cohérents avec le modèle Déclaratif / Procédural : les aptitudes en mémoire déclarative sont particulièrement importantes au début de l'apprentissage alors que celles en mémoire procédurale prédisent mieux l'état final de l'acquisition.

Outre les capacités dans les différents types de mémoire, les aptitudes attentionnelles déterminent l'efficacité de l'apprentissage explicite, puisque celui-ci requiert la mobilisation d'une grande quantité de ressources (Roehr-Brackin, 2015). Ces ressources attentionnelles peuvent même influencer le rôle de l'input : Brooks *et al.* (2006) ont montré que seuls les apprenants ayant un QI élevé¹⁰ peuvent bénéficier d'une plus grande variabilité dans l'input et donc généraliser les effets de prototype facilement. La généralisation de la morphologie, qui nécessite un plus grand lexique, est donc possible uniquement pour les apprenants ayant suffisamment de ressources attentionnelles. Les auteurs en concluent que les mécanismes d'attention, le système exécutif et la conscience jouent un rôle crucial dans l'apprentissage adulte des dépendances grammaticales. Des différences anatomiques peuvent également avoir

9. Les capacités d'apprentissage procédural ont été mesurées par un ensemble de tâches d'apprentissage de grammaire artificielle ou de prédiction.

10. Le test de QI utilisé par Brooks *et al.* (2006) évalue des composantes associées à l'orientation de l'attention et au fonctionnement exécutif.

un impact : Golestani *et al.* (2006) ont montré que les participants ayant le plus de facilités à traiter un contraste phonétique inconnu avaient un plus gros cortex de Heschl gauche, soit un plus gros cortex auditif. Enfin, l'expérience avec le type d'apprentissage est également important : les apprenants ayant un niveau d'étude élevé, et donc plus d'expérience avec l'instruction formelle, profitent davantage d'un apprentissage explicite (Suzuki et DeKeyser, 2017).

2.3.3 Quel rôle pour l'apprentissage explicite ?

Le rôle principal de l'apprentissage explicite est donc lié à la nécessité de pallier les déficits du système d'apprentissage implicite à l'âge adulte.

2.3.3.1 Favoriser la détection des structures spécifiques à la L2

Le premier rôle de l'instruction est de faciliter la détection du fossé entre la production de l'apprenant et la langue cible. Lorsque l'augmentation de l'exposition n'affecte pas la sensibilité à l'agrammaticalité, une forme de détection explicite est nécessaire à la correction des erreurs (Kachinske *et al.*, 2015). L'instruction peut alors servir à attirer l'attention sur les items non saillants et à augmenter le contrôle et la surveillance de l'apprenant sur sa propre production (Zimmer *et al.*, 2009). Ces indications sont en outre considérées comme nécessaires pour assimiler des règles de niveau plus élevé (Hulstijn *et al.*, 2015). En l'absence d'instruction, les indications négatives présentes dans l'input peuvent être ignorées par les apprenants (Toth, 2000) et le sont souvent : plusieurs études sur l'acquisition des clitiques en espagnol montrent que les débutants ne détectent en général pas ces formes ou les interprètent mal¹¹ (McCarthy, 2008; VanPatten, 1990; VanPatten et Cadierno, 1993). En fournissant des indications négatives, l'instruction va permettre cette détection et focaliser l'attention de l'apprenant sur les formes qui ne sont pas saillantes. En effet, celles-ci sont très difficiles voire impossible à acquérir en L2 par des processus uniquement implicites (Ellis, 2015), et nécessitent une attention accrue. Les études les plus récentes sur l'effet de l'instruction sur les mécanismes explicites proposent que celle-ci devrait avoir pour objectif d'atteindre à terme l'automatisation et la procéduralisation des compétences en L2 en s'appuyant sur l'apprentissage déclaratif initial (Suzuki et DeKeyser, 2017).

11. Par exemple, dans McCarthy (2008), le clitique « *lo* » dans « *Está comiéndolo* » : « *Il le mange* » est plus facilement interprété comme renvoyant à un objet féminin que le clitique « *la* » comme renvoyant à un objet masculin, indiquant l'utilisation du masculin comme défaut.

2.3.3.2 Changer les routines de traitement

Pour cela, l'instruction peut également aider à modifier la manière dont la L2 est traitée en temps réel, en modifiant les routines de traitement issues de la L1 qui sont ancrées dans le système langagier (Kachinske *et al.*, 2015). Ellis (2005a) suggère que l'apprentissage explicite permet de changer ce sur quoi les apprenants se focalisent dans l'apprentissage. En changeant les indices sur lesquels les apprenants s'appuient pour interpréter l'input de la L2, les conditions sont réunies pour que les mécanismes implicites de reconnaissance des régularités et des motifs dans l'input puissent se mettre en place et donc donner lieu à des connaissances implicites parallèle. Changer les routines de traitement permettrait un meilleur traitement en temps réel, dans l'hypothèse où ce traitement favorise bien l'apprentissage. C'est ce sur quoi est fondée la théorie de l'instruction par le traitement (*Processing Instruction*) de VanPatten (1996, 2002, 2004). Cette forme d'instruction appartient à la catégorie du Focus sur la forme et vise à éviter que les apprenants utilisent des principes de traitement inefficaces et basés sur leur L1 pour traiter la L2. Grâce à des activités d'input structuré, ils sont conduits à faire appel à d'autres stratégies que celles qu'ils utilisent normalement pour effectuer les connexions entre forme et fonction et donc interpréter l'input. Ils reçoivent également des informations explicites sur la structure et sur une stratégie inefficace de traitement de l'input que les apprenants ont tendance à utiliser. Plusieurs études ont cependant montré que les explications métalinguistiques étaient en réalité inutile et que l'efficacité de cette méthode reposait sur les activités d'input structuré (voir aussi Khazaee et Sheikh, 2015). Cette méthode est efficace pour calibrer les stratégies de traitement sur la L2 plutôt que la L1. Elle a été testée avec succès dans plusieurs langues, avec plusieurs formes grammaticales, différentes structures et à des niveaux de compétence variés. Elle permet également à l'apprenant de transférer les nouvelles stratégies de traitement sur d'autres formes si les mêmes problèmes sont rencontrés. L'enseignement explicite de la L2 doit donc être basé sur le sens et dirigé vers la manipulation de l'input, afin de conduire à cette modification avantageuse des routines de traitement.

2.3.3.3 Compenser des manques

Si des formes d'apprentissage explicite sont nécessaires, c'est pour compenser un certain nombre de manques auquel l'adulte apprenant une deuxième langue dans son pays d'origine est confronté. D'une part, nous l'avons vu, il y a un déficit lié à l'âge : si l'apprentissage implicite a bien un rôle à jouer dans l'acquisition adulte d'une L2, naturaliste mais aussi en classe, il reste bien moins puissant que chez les enfants. L'apprentissage implicite demande en outre bien plus de temps, un temps dont les apprenants adultes manquent. L'apprentissage en classe est trop court et contient trop peu de temps d'exposition pour que les processus implicites, même

s'ils fonctionnaient à pleine puissance, puissent suffire à acquérir la langue dans des délais raisonnables. L'apprentissage explicite permet alors d'accélérer l'acquisition et d'atteindre l'objectif plus rapidement (Hulstijn *et al.*, 2015). Enfin, au-delà de l'instruction, les processus explicites eux-mêmes ont un réel rôle à jouer dans le traitement de la L2. En effet, ils peuvent prendre le relai lorsque des problèmes de compréhension ou de production surgissent (Roehr-Brackin, 2015), et permettent aux apprenants d'utiliser dès le départ des processus descendants moins couteux en temps — au prix d'une utilisation plus élevée des ressources cognitives.

2.4 Conclusion du chapitre

L'acquisition d'une deuxième langue ne peut donc se faire en s'appuyant uniquement sur les mécanismes implicites et statistiques qui permettent l'acquisition de la langue maternelle. L'efficacité de ces mécanismes décline dès l'enfance, et ils ne sont plus aussi performants à l'âge adulte. L'exposition à la langue dont un enfant jouit lors de l'acquisition de sa L1 ne sera jamais égalée par une exposition à l'âge adulte.

D'autre part, l'acquisition d'une langue étrangère se fait alors que la L1 est déjà bien installée, avec ses routines et stratégies de traitement qui conduisent le cerveau à ne prêter attention qu'à certains indices pour l'interprétation du langage.

Pour toutes ces raisons, des formes d'apprentissage explicite peuvent faciliter l'apprentissage de la L2 et l'accélérer, et permettre aux apprenants de corriger les erreurs qu'ils continuent à faire du fait de transferts négatifs de formes ou de stratégies de traitement depuis leur langue maternelle.

Les études s'accordent à trouver un bénéfice global pour l'instruction sous différentes formes. Celle-ci, en attirant l'attention des apprenants sur certaines structures plus problématiques, en les incitant à remarquer leurs erreurs ou en les conduisant à changer leurs routines de traitement pour la L2, peut en effet leur permettre d'atteindre leurs objectifs.

Cependant, cela ne garantit pas un traitement similaire à celui des natifs à terme, ni des connaissances de nature équivalente. Connaitre l'effet de l'instruction sur les types de connaissances du langage développés par les apprenants est au cœur de la recherche en AL2 : l'instruction peut-elle affecter le développement de connaissances implicites ?

Chapitre 3

Des connaissances explicites ou implicites ?

Sommaire

3.1 Que sont les connaissances explicites et implicites ?	47
3.1.1 Différences entre connaissances explicites et implicites	48
3.1.2 Mise en pratique dans les expériences	50
3.1.3 Lien avec la compétence en L2	51
3.2 Le débat de l'interface	52
3.2.1 Les positions	52
3.2.2 Une influence indirecte des connaissances explicites ? . .	54
3.3 Mesurer les connaissances explicites et implicites	58
3.3.1 Mesures classiques	58
3.3.2 Difficultés	61
3.3.3 Autres mesures comportementales	62
3.4 Conclusion du chapitre	66

3.1 Que sont les connaissances explicites et implicites ?

Pour savoir comment le type d'entraînement affecte le développement de **connaissances implicites** et de **connaissances explicites**, il importe d'abord de définir précisément ces deux types de connaissances. Cette question est liée à celle de la nature de la compétence linguistique des locuteurs. Dans le courant générativiste, la compétence linguistique est comprise comme la capacité biologique à acquérir des langues.

Elle implique un module spécialisé pour le langage qui fait appel à une grammaire universelle. À l'inverse, le courant connexionniste postule que la compétence linguistique repose sur des mécanismes partagés avec d'autres domaines, et qui émergent avec le temps et l'usage. C'est un réseau de connections entre nœuds dont la force est déterminée par l'input. Le consensus est que la compétence contient des connaissances implicites, mais également explicites.

3.1.1 Différences entre connaissances explicites et implicites

Quelle est donc la différence entre les deux types de connaissances ? Pour Ellis (2005b), la première différence est le degré de *conscience* : il existe un continuum entre le fait de reconnaître instantanément qu'une phrase est agrammaticale, ce qui peut faire appel à des *connaissances implicites*, et avoir conscience de la raison pour laquelle c'est le cas, c'est-à-dire avoir des connaissances métalinguistiques sur la nature de l'erreur. Ellis (2005b) associe également *connaissances explicites* et déclaratives et *connaissances implicites* et procédurales, mais ce point est discutable et contesté par les tenants de différentes versions du modèle Déclaratif / Procédural (voir 2.1.3 et Ullman, 2004 ou Paradis, 2009). La deuxième différence entre *connaissances explicites* et *implicites* réside dans le fait que les *connaissances implicites* sont considérées comme plus stables (Reber *et al.*, 1991). Les grammaires de l'interlangue sont en grande partie systématiques, c'est-à-dire qu'elles suivent des règles. À l'inverse, les *connaissances explicites* sont réputées comme souvent imprécises et variables. L'accessibilité de ces connaissances diffère également : si les *connaissances implicites* sont immédiatement accessibles, ce n'est pas toujours le cas des *connaissances explicites*, qui demandent plus de temps et de ressources cognitives pour être récupérées. C'est pour cette raison qu'on considère souvent qu'un jugement grammatical en temps limité ne permet pas d'avoir accès aux *connaissances explicites* et qu'il fait appel aux *connaissances implicites*. Cependant, les *connaissances explicites* peuvent en réalité être entièrement automatisées et accessibles presque immédiatement (DeKeyser, 2003; Suzuki, 2017b) grâce à la pratique (Hulstijn, 2002). L'utilisation de ces connaissances varie ensuite selon le type de tâche et ses demandes. D'autre part, il est parfois possible de verbaliser — sous forme de règles — les *connaissances explicites*, même si ce n'est pas nécessairement le cas, alors que les *connaissances implicites* ne sont jamais verbalisables. La composition de l'input n'a pas la même influence sur les deux types de connaissances : par exemple, seules les *connaissances implicites* sont sensibles aux effets de prototypes. Leur traitement est associatif et ascendant : il part des données (l'input et le contexte) pour en extraire les similarités (Paradis, 2009). En revanche, le traitement des données explicites est compositionnel et séquentiel. Il s'appuie sur des algorithmes issus des règles apprises. Il s'agit donc d'un traitement descendant, qui part des règles pour les appliquer aux données (Paradis, 2009).

Caractéristique	Connaissances Implicites (CI)	Connaissances Explicites (CE)
Conscience	Intuitives, non conscientes	Conscientes
Type de connaissance	Connaissances procédurales et associatives ou basées sur des règles	Connaissances déclaratives des règles, fragments ou items
Systématicité	Variables, flexibles mais systématiques	Non stables
Accessibilité	Accès par des mécanismes automatiques	Accès par des processus contrôlés mais pouvant être automatisés
Utilisation des connaissances en L2	Accès pendant une performance fluente	Accès lors de difficultés de planification ou de problèmes avec les CI
Verbalisables	Non	Oui
Quand peut-on les acquérir ?	Seulement pendant la période critique	Toute la vie
Dépendant du contexte	Oui – sensibles aux effets de prototype	Non – insensibles aux effets de prototype
Type de traitement	Ascendant. Parallèle et associatif.	Descendant. Séquentiel et compositionnel.

TABLEAU 3.1 – Récapitulatif des différences entre connaissances implicites et explicites. Tableau adapté et enrichi d'après [Ellis \(2005b\)](#)

Quand la L2 est utilisée, les deux systèmes de connaissances coexistent séparément ([Hulstijn et al., 2015](#); [Paradis, 2009](#)). Certaines études empiriques montrent bien la séparation de ces deux systèmes : par exemple, [Suzuki et DeKeyser \(2017\)](#) ont observé que l'aptitude à l'apprentissage explicite ne prédit pas directement la performance sur les mesures d'apprentissage implicite. Ces aptitudes facilitent l'acquisition de connaissances implicites, mais seulement indirectement. De même, les aptitudes pour l'apprentissage implicite contribuent peu à l'acquisition des connaissances explicites.

[Hulstijn \(2015\)](#) met cependant en garde contre cette vision à deux systèmes comme seule explication des phénomènes d'acquisition des langues. L'étude de [Suzuki et DeKeyser \(2017\)](#) révèle d'ailleurs l'existence d'un troisième type de connaissances : les connaissances explicites très automatisées (*Highly Automatized Explicit Knowledge*). Celles-ci sont conscientes mais peuvent être mobilisées très rapidement, contrairement aux connaissances explicites non automatisées. Bien qu'équivalentes sur le plan fonctionnel, elles sont bien différentes des connaissances implicites qui

ne sont, elles, pas accessibles à la conscience. L'automatisation est un processus long et graduel, dû à la pratique et à l'exposition à la langue. Les **connaissances explicites** automatisées ne le sont pas toutes au même degré : il s'agit donc d'un ensemble de connaissances conscientes incluant différents niveaux d'automatisation. Suzuki et DeKeyser (2017) considèrent cette catégorie comme nécessaire pour mieux comprendre la nature des types de connaissances linguistiques utilisées par les apprenants d'une **L2**, notamment pour savoir à quel point la compétence est expliquée par les différents types de connaissances. Cette troisième catégorie est également primordiale pour mieux comprendre les processus d'apprentissage de la **L2**.

Les **connaissances explicites** et implicites constituent donc deux pôles séparés. Mais entre les deux existe également une catégorie de **connaissances explicites** qui restent déclaratives, mais jouent un rôle similaire aux connaissances purement implicites en ce qu'elles sont accessibles très rapidement lors du traitement du langage sous pression de temps.

3.1.2 Mise en pratique dans les expériences

Pour tester ces connaissances, elles doivent être transformées en concepts analysables associés à des critères expérimentaux précis. Ellis (2005b) conceptualise ainsi les **connaissances explicites** comme impliquant des connaissances analysées et de la métalangue. Sept critères permettent de rendre compte des **connaissances explicites** en tant que connaissances analysées :

1. Le degré de **conscience** : pour être considérées comme explicites, les connaissances doivent être conscientes, c'est-à-dire que le locuteur peut faire le choix de diriger son attention vers elles.
2. Le temps disponible pour réaliser la tâche : une pression de temps favorise l'utilisation de **connaissances implicites** (ou de **connaissances explicites** très automatisées).
3. L'objet de l'attention : la priorité de la tâche est-elle la fluence ou l'exactitude ? Si la priorité est la fluence, alors le participant se concentre sur la création du message pour donner de l'information et fait appel à des **connaissances implicites** ; si la priorité est l'exactitude, le participant utilise ses **connaissances explicites** pour se concentrer sur la forme.
4. Systématичité de la réponse : les participants devraient être plus constants lorsqu'ils s'appuient sur leurs **connaissances implicites**.
5. Certitude : si les participants sont très confiants dans l'exactitude de leur réponse, leurs connaissances sont au moins partiellement explicites.
6. Métalangue : l'utilisation de métalangue est associée aux **connaissances explicites**.

7. Âge d'apprentissage : les participants ayant appris une L2 dans l'enfance sont plus susceptibles de faire appel majoritairement à des connaissances implicites.

3.1.3 Lien avec la compétence en L2

On considère que les processus explicites et implicites ont tous deux un rôle à jouer dans l'acquisition et le traitement de la L2 (Metz-Göckel, 2014). Ils sont impliqués de manière dynamique dans l'apprentissage du langage. Comment peut-on alors les développer ? On considère généralement que davantage d'exposition à et d'expérience avec la L2 conduisent à une utilisation plus fiable des connaissances implicites. L'expérience de Suzuki (2017b) le montre bien : les participants à cette étude ayant immigré depuis longtemps utilisaient majoritairement leurs connaissances implicites, alors que les participants ayant immigré plus récemment se reposaient sur des connaissances explicites très automatisées. Lorsqu'ils ont reçu une instruction formelle, les apprenants utilisent essentiellement leurs connaissances explicites (voir aussi Tagarelli *et al.*, 2015). Même des locuteurs ayant reçu un apprentissage implicite possèdent un certain nombre de connaissances explicites. Bien que certaines études n'observent pas de connaissances conscientes à l'issue d'un apprentissage fortuit et implicite (Francis *et al.*, 2009; Leung et Williams, 2011; Rebuschat, 2009; Williams, 2005), un certain degré de conscience est généralement observé lorsqu'il y a un effet réel d'apprentissage, et une plus grande conscience est associé à un apprentissage plus poussé (Grey *et al.*, 2014; Rebuschat *et al.*, 2015; Rebuschat et Williams, 2012; Rogers *et al.*, 2016; Tagarelli *et al.*, 2015). D'autre part, si le mode de traitement par défaut en L2 est implicite (Doughty et Long, 2003), les procédures explicites doivent intervenir périodiquement pour compenser l'influence problématique de la L1.

Les deux types de connaissances coexistent tout au long de l'apprentissage de la L2, et peuvent se développer séparément. Nous avons vu à l'issue du Chapitre 2 que l'instruction est nécessaire pour combler les lacunes de l'apprentissage adulte d'une L2 et contrer l'influence de la L1. Or, l'instruction conduit plutôt au développement de connaissances explicites — et on observe souvent une distance entre les connaissances explicites et la performance réelle d'un apprenant. Les connaissances explicites acquises grâce à l'instruction peuvent-elles alors se transformer en connaissances implicites ? Cette question est l'objet d'un des débats fondateurs de la recherche en AL2 : le débat de l'interface.

3.2 Le débat de l'interface

3.2.1 Les positions

Il y existe trois grandes familles de théories sur la question de l'interface (voir [Ellis, 2005b](#); [Han et Finneran, 2014](#); [Slabakova, 2015](#)). La première est celle de l'absence d'interface entre **connaissances explicites** et **implicites**, qui avance que les **connaissances explicites** ne peuvent jamais être converties en **connaissances implicites** : il s'agit de deux processus indépendants, et les **connaissances explicites** n'ont pas d'influence sur le développement de la compétence implicite. C'est notamment la position de [Krashen \(1981, 1982\)](#) ou [Bialystok \(1978\)](#). D'autres chercheurs comme [DeKeyser \(2000\)](#) ou [Sharwood Smith \(1981\)](#) argumentent en faveur d'une interface forte : une pratique intensive sur des points spécifiques permet le développement des **connaissances implicites**, et passer par des **connaissances explicites** est le seul moyen pour des adultes d'améliorer leur compétence implicite. L'hypothèse de la détection (*Noticing Hypothesis*) de [Schmidt \(1990, 1993, 1995b, 2010\)](#) est également classée dans cette catégorie. Enfin, certains auteurs proposent l'existence d'une interface faible, qui a plusieurs déclinaisons. Le point commun de ces théories est l'hypothèse que les **connaissances explicites** ont une influence indirecte sur le développement des **connaissances implicites** : l'instruction et la pratique permettent un ajustement de l'input et de l'output qui permet ensuite à l'apprenant d'acquérir les structures sous-jacentes. C'est la position de [Ellis \(1994\)](#), [Ellis et Larsen-Freeman \(2006\)](#), [VanPatten \(1996, 2002\)](#) ou [White \(1991, 1992\)](#).

Pas d'interface La position de l'absence d'interface est d'abord associée à la théorie de monitoring (*Monitor Theory*) de [Krashen \(1981, 1982\)](#), qui établit une différence très claire entre **apprentissage** (explicite) et **acquisition** (implicite) d'une langue. **Apprentissage** et **acquisition** sont considérés comme deux mécanismes différents qui n'interagissent pas. Tout ce qui est appris : certaines règles doivent impérativement être acquises pour être maîtrisées, car le langage est trop complexe pour être expliqué. Les tenants de cette position considèrent que ce qui est appris explicitement ne peut pas être réutilisé dans la communication : il n'y a pas d'accès automatique en temps réel aux **connaissances explicites**. La spontanéité dans la production peut uniquement venir de l'expérience avec l'input ([Bialystok, 1978; Hulstijn, 2002; Paradis, 2004](#)). Certains chercheurs considèrent cependant que l'apprentissage intentionnel produit des **connaissances explicites** mais aussi des **connaissances implicites** : l'**apprentissage implicite** peut alors se produire en même temps que l'**apprentissage explicite** ([Hulstijn, 2015; Paradis, 2009](#)).

Interface forte À l'inverse, les partisans de la théorie d'une interface forte ([DeKeyser, 2007, 1998; Sharwood Smith, 1981](#)) considèrent que la compétence implicite

découle des **connaissances explicites**. Il y a plusieurs étapes successives d'apprentissage. La première est un apprentissage déclaratif totalement explicite. Cette étape est suivie par une internalisation de la règle grammaticale, et enfin par une automatisation complète de l'accès à la règle. Petit à petit, grâce à la pratique, les règles apprises deviennent implicites et peuvent être utilisées pour comprendre et produire la **L2** en interaction. Le postulat de départ est que l'acquisition d'une seconde langue à l'âge adulte est nécessairement consciente. Elle débute par des **connaissances explicites**, déclaratives et conscientes, qui à terme peuvent être intégrées et devenir implicites.

Interface faible Enfin, la théorie d'une interface faible comporte plusieurs versions. D'après R. [Ellis \(1993\)](#), les **connaissances explicites** peuvent devenir implicites avec la pratique *sous certaines conditions*. Certaines connaissances sont dépendantes d'étapes développementales : dans ce cas, elles pourront devenir implicites lorsque l'apprenant sera prêt. D'autres connaissances ne sont pas liées au développement : celles-ci pourront devenir implicites à n'importe quel moment de l'apprentissage de la **L2**. Pour [Sharwood Smith \(1981\)](#), les apprenants utilisent leurs **connaissances explicites** pour produire la **L2**, et c'est sur ces productions que les mécanismes d'apprentissage implicite effectuent ensuite leurs calculs. Pour N. Ellis ([Ellis et Larsen-Freeman, 2006](#); [Ellis, 1994](#)), l'apprentissage est largement implicite et associatif : les constructions présentes dans l'**input** sont identifiées de manière intuitive et implicite. Les **connaissances explicites** contribuent au développement des **connaissances implicites** de manière indirecte seulement, en rendant certains traits saillants et en aidant à la détection, nécessaire pour l'apprentissage de structures qui sont conflictuelles avec la **L1** ou simplement absentes de celle-ci. Les **connaissances explicites** permettent à l'apprenant de contrôler sa production. En situation de communication, les **connaissances explicites** peuvent prendre le relais lorsque la compétence implicite fait défaut ou ne parvient pas à suivre sous la pression temporelle.

Coexistence [Han et Finneran \(2014\)](#) suggèrent que les trois types de position pourraient en réalité coexister chez les apprenants au cours de leur instruction. Il pourrait en effet théoriquement y avoir des interfaces complexes : les **connaissances explicites** peuvent, dans certains cas, échouer à devenir implicites ; ou bien une interface forte peut se produire avec le mauvais type de **connaissances explicites** ; ou encore les **connaissances explicites** peuvent s'éroder et ne plus jouer leur rôle. Le type d'interface pourrait, selon [Han et Finneran \(2014\)](#), dépendre du type d'élément de langage. Par exemple, les éléments qui sont faciles à apprendre explicitement mais difficiles à internaliser comme les morphèmes flexionnels seraient concernés par une absence d'interface : il est aisément d'acquérir des **connaissances ex-**

plicites de ces morphèmes, mais celles-ci ne permettent pas une internalisation et une production correcte en temps réel. Les éléments qui ne peuvent pas être appris mais uniquement acquis, tels que l'interface entre syntaxe et sémantique ou entre syntaxe et pragmatique, seraient aussi confrontés à une absence d'interface explicite / implicite. En effet, si on peut apprendre certaines propriétés formelles de ces structures, on ne peut pas apprendre comment les appliquer : les règles en sont trop complexes. Les trois types d'interface pourraient donc se succéder ou coexister lors de l'apprentissage.

3.2.2 Une influence indirecte des connaissances explicites ?

[Han et Finneran \(2014\)](#) considèrent que les indices empiriques recueillis par les différentes études sont plutôt en faveur d'une interface faible, mais certains éléments restent difficiles à expliquer par cette théorie, comme la **fossilisation** ou les différences inter- et intra-individuelles dans l'acquisition de la **L2**. La **fossilisation** est le phénomène selon lequel un apprenant continue à commettre des erreurs de performance malgré des conditions d'apprentissage favorables : son interlangue est figée dans une production non conforme à la cible et l'apprenant ne fait plus de progrès sur cet aspect de sa **L2**. Par exemple, un apprenant vivant dans un pays où sa **L2** est parlée peut connaître une fossilisation de ses erreurs et, même après des années d'immersion, ne jamais corriger certaines productions grammaticales non-conformes à la cible. Ce phénomène très courant est bien exemplifié par Patty, l'apprenante de l'anglais d'origine japonaise longuement étudiée par [Lardiere \(1998, 2003\)](#). Même après dix ans d'immersion aux États-Unis, Patty continue de ne pas produire les morphèmes grammaticaux du passé comme les natifs alors que d'autres aspects de son interlangue sont totalement conformes à la langue cible. La **fossilisation** affecte uniquement certains sous-systèmes — plus souvent la morphosyntaxe ou la prononciation. Dans de nombreux cas, cette fixation des erreurs semble liée à une déconnexion entre **connaissances explicites** et **implicites** ([Han et Finneran, 2014](#)). La plupart du temps, ces apprenants ont une bonne voire très bonne connaissance explicite du système grammatical qui leur pose problème : leur production écrite et leur capacité à corriger ces erreurs sans pression de temps sont proches de celles de natifs, alors qu'ils continuent de produire ces erreurs en situation de communication. Le phénomène de **fossilisation** semble donc indiquer que, au moins pour certaines structures, les **connaissances explicites** ne parviennent pas à devenir implicites. Les données issues des neurosciences sont également en faveur de deux systèmes qui restent séparés : ce qui est stocké en **mémoire déclarative** ne peut pas se transformer en **mémoire procédurale**. Les réseaux neuronaux sous-jacents sont distincts et non transformables.

Pourtant, il existe aussi des éléments suggérant que les **connaissances explicites** peuvent avoir un impact sur le développement des **connaissances implicites**. L'étude

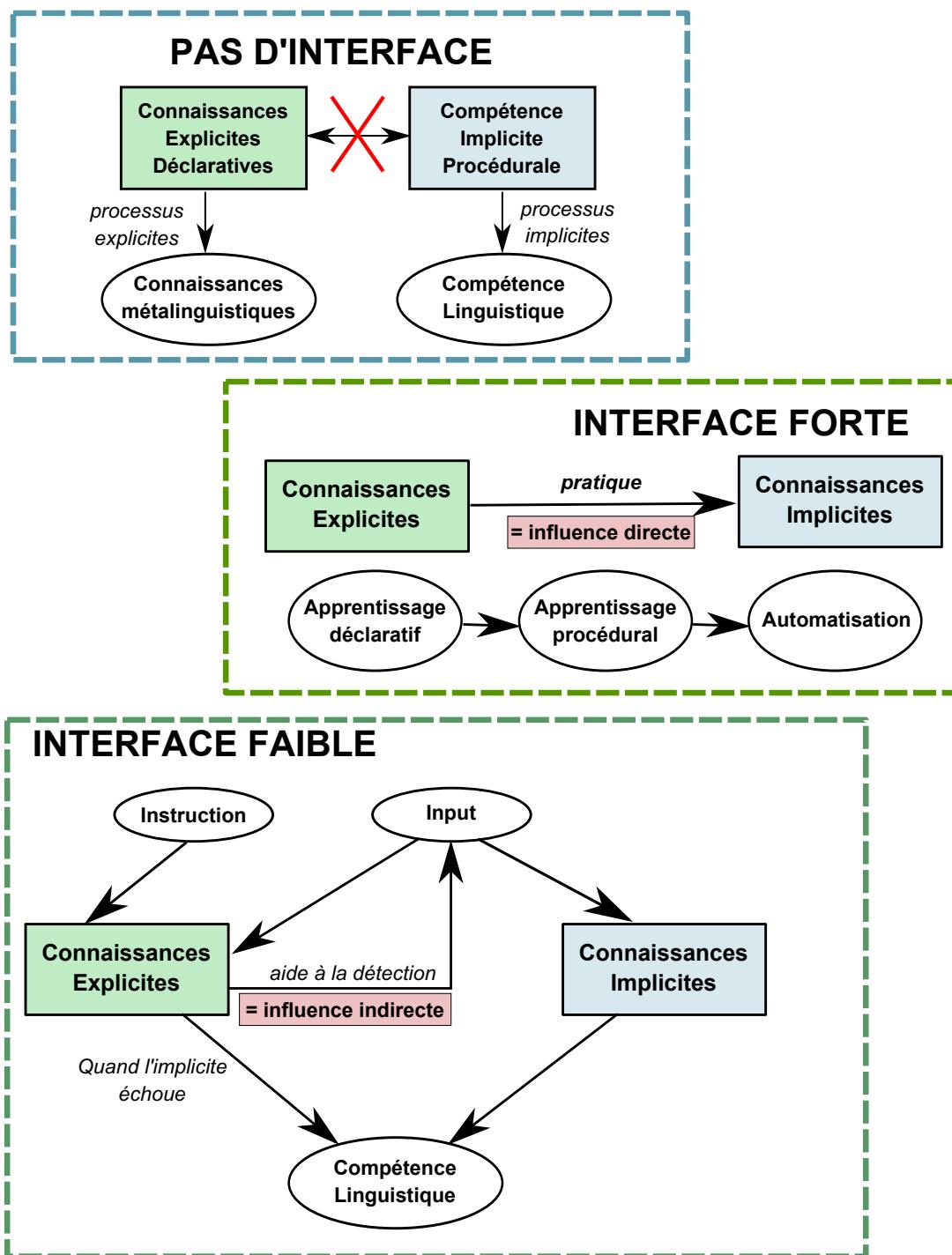


FIGURE 3.1 – Représentation schématique des trois grandes positions sur le débat de l'interface

très complète de Suzuki et DeKeyser (2017) montre par exemple que le niveau de connaissances explicites très automatisées impacte l'utilisation des connaissances implicites. L'aptitude à l'apprentissage explicite prédit l'acquisition de connaissances explicites automatisées, qui à son tour a une influence sur l'acquisition de connaissances implicites. L'automatisation des connaissances explicites serait-elle l'intermédiaire entre connaissances déclaratives et implicites ? Si les deux systèmes sont bien séparés et non directement influençables, l'automatisation ne peut pas être une simple étape dans la procéduralisation, comme l'entend par exemple l'hypothèse de l'interface forte. Le phénomène de procéduralisation ne correspond donc pas à une transformation des connaissances explicites en connaissances implicites mais à un remplacement de l'usage des unes par les autres, comme le détaille Paradis (2009, p.16) :

[Proceduralisation] could not refer to the transformation of particular explicitly known rules into implicit computational procedures, but only to the gradual replacement of the use of explicit knowledge in constructing sentences by the use of the implicit competence newly (and independently) acquired through repeated use, allowing the speaker to automatically generate sentences.

Il y a néanmoins deux manières pour les connaissances déclaratives automatisées d'influencer les connaissances implicites. D'une part, elles peuvent aider les apprenants à traiter l'input de manière plus efficace, en sélectionnant les bonnes informations et les bons indices pour l'interprétation. Les mécanismes implicites peuvent alors agir sur les bons signaux et extraire les constructions de manière plus conforme à la L2. D'autre part, les connaissances explicites peuvent permettre aux apprenants d'utiliser fréquemment des structures grammaticales correctes et pertinentes, grâce à un contrôle de la production et un haut niveau d'attention. Ces structures correctes permettent de créer de l'input qui nourrit à son tour les systèmes implicites. L'apprentissage explicite est la forme dominante de l'apprentissage, et, par ces voies détournées, il peut aider les apprenants à acquérir des connaissances automatiques et implicites. On a donc un continuum dans l'utilisation de processus contrôlés au début de l'apprentissage à automatiques à l'état final. Les deux systèmes restent séparés mais interagissent (voir Figure 3.2).

Le but de l'apprentissage explicite est donc d'une part d'aider les apprenants à traiter l'input d'une manière qui favorise l'acquisition implicite (Andringa et Rebuschat, 2015), en portant l'attention sur des aspects de l'input afin de favoriser leur détection et leur assimilation ; et d'autre part d'ancrer les associations et routines de traitement propres à la L2, en permettant un raccourci par rapport à l'apprentissage statistique qui s'opère dans l'acquisition de la L1. Ainsi, le développement de connaissances explicites et implicites sera favorisé. Mais comment évaluer ce développement ?

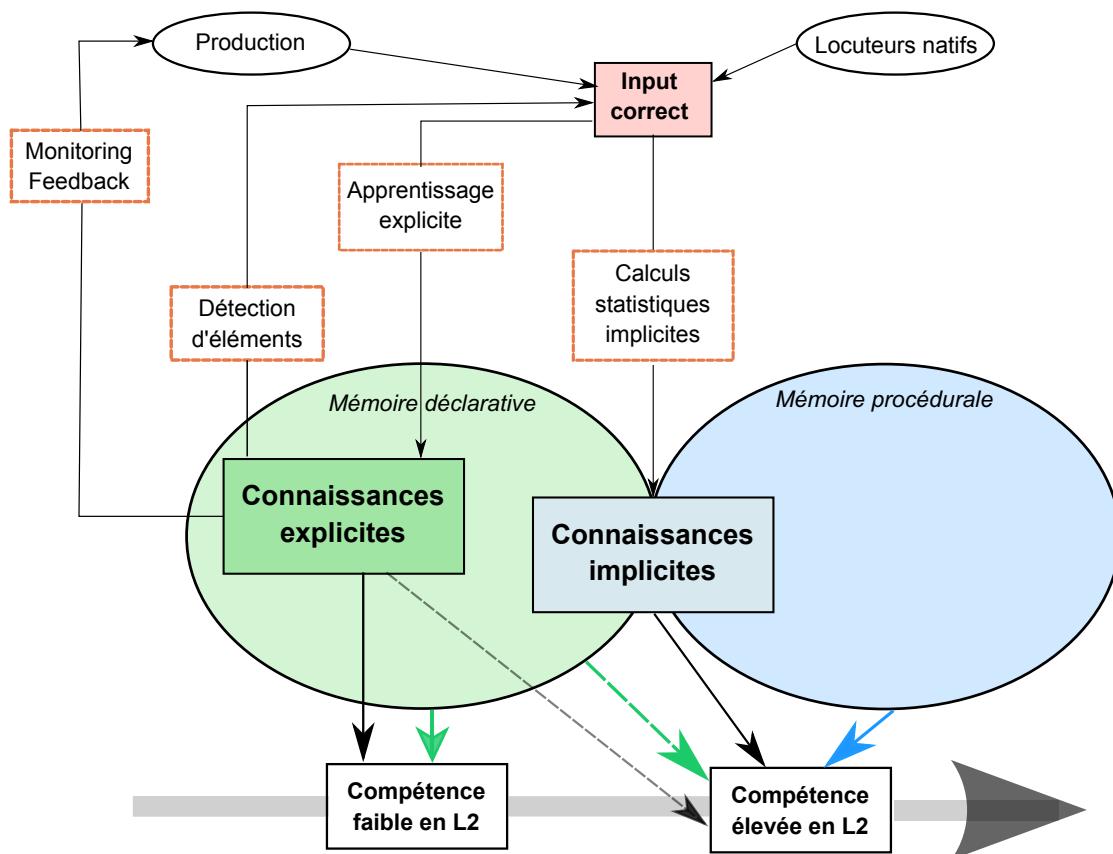


FIGURE 3.2 – Représentation de la théorie d'une influence indirecte des connaissances explicites sur les connaissances implicites

3.3 Mesurer les connaissances explicites et implicites

L'objectif de mesurer les connaissances explicites et surtout implicites a fait l'objet d'études visant à mettre au point des mesures les plus précises possibles. Nous verrons d'abord quelles sont les mesures classiques qui ont été adoptées avant d'aborder les difficultés qui y sont associées. Nous terminerons en évoquant les mesures comportementales utilisées dans les études les plus récentes sur le sujet. Un récapitulatif des mesures utilisées dans les principales études référencées ici est visible dans le Tableau 3.3.3 p. 63, 64 et 65.

3.3.1 Mesures classiques

3.3.1.1 Jugements de grammaticalité

Une des mesures d'apprentissage les plus utilisées en recherche en AL2 est le jugement de grammaticalité. Dans ce type de tâche, le participant doit classer un stimulus comme grammatical ou agrammatical. Cependant, malgré son succès, le jugement de grammaticalité fait aussi l'objet de certains débats, notamment pour savoir à quel type de connaissances il fait appel. Pour certains chercheurs, le jugement de grammaticalité constitue seulement une mesure de performance et non pas une fenêtre directe sur la compétence implicite du participant (Loewen, 2009). D'après Ellis (2005b), le traitement d'un stimulus lors d'un jugement de grammaticalité se fait en trois étapes : d'abord un traitement sémantique, suivi d'une étape de détection lors de laquelle le participant cherche à établir si le stimulus entendu est formellement incorrect, et enfin une étape de réflexion où le participant se demande ce qui n'est pas correct et pourquoi. En réalité, un certain nombre de paramètres du jugement de grammaticalité peuvent influencer le type de traitement auquel il fait appel. Ainsi, plusieurs études ont observé une différence entre jugements de grammaticalité réalisés en temps limité ou libre (Ellis, 2009b; Godfroid *et al.*, 2015). Les jugements de grammaticalité lors desquels il y a une limite de temps pour accepter ou rejeter la phrase feraient davantage appel aux connaissances implicites, alors que ceux sans pression temporelle laisseraient au participant le temps d'accéder à ses connaissances explicites et de passer par les trois étapes décrites par R. Ellis. Celui-ci note d'ailleurs : « *to ensure that learners rely only on their implicit knowledge, a GJT [Grammaticality Judgment Task] must not allow time to reflect on the sentence* » (Ellis, 2009b, p.96). Godfroid *et al.* (2015) observent également une différence en eye-tracking : lorsque l'expérience comporte une limite de temps, les apprenants ne font pas de régressions oculaires (c'est-à-dire ne reviennent pas en arrière dans leur lecture), au contraire des natifs. De plus, natifs et non natifs font plus de régressions lorsqu'ils peuvent prendre leur temps, un signe de traitement

plus explicite. Lorsque les jugements de grammaticalité ne sont pas limités dans le temps, il est possible que l'on observe des effets spécifiques à ces jugements et non caractéristiques d'un traitement de la L2 (ou L1) en temps réel. En revanche, la pression de temps constraint peut-être les représentations métalinguistiques disponibles : dans ce cas, les apprenants n'ont pas le temps d'utiliser des processus plus contrôlés et plus explicites. Cependant, l'idée que la pression de temps garantit le recours à des processus implicites a été remise en question récemment : les résultats de Suzuki (2017b) et Suzuki et DeKeyser (2017) suggèrent que le jugement de grammaticalité en temps limité mesure davantage les connaissances explicites très automatisées que les connaissances implicites.

Le type d'item est également un paramètre important. En effet, Ellis (2005b) et Roehr-Brackin (2015) notent que le traitement des stimuli grammaticaux fait appel aux connaissances implicites, alors que les items agrammaticaux demandent le recours aux connaissances explicites. Identifier un stimulus comme non grammatical favorise le recours aux connaissances métalinguistiques de ce qui est acceptable ou non : le principe même du jugement de grammaticalité incite donc à l'utilisation des connaissances explicites. En outre, le niveau de compétence de l'apprenant joue un rôle : un apprenant plus avancé tend à s'appuyer davantage sur son intuition, alors qu'un participant de niveau intermédiaire s'appuiera plus sur la traduction ou ses connaissances métalinguistiques (Ellis, 2009b).

3.3.1.2 Temps de réaction

L'idée qu'il faut utiliser plus que de simples mesures d'exactitudes (telles que le jugement de grammaticalité) pour évaluer la nature des connaissances des apprenants s'est beaucoup développée. Sanz et Grey (2015) recommandent par exemple d'utiliser les temps de réaction, après avoir filtré les extrêmes dus à l'inattention ou à des réponses rapides au hasard, et en n'utilisant que les temps correspondant à des réponses correctes. Ces mesures peuvent en effet éclairer l'utilisation de connaissances implicites : Leung et Williams (2011) ont montré que les temps de réaction diminuaient durant l'exposition implicite à une règle complexe puis augmentaient brutalement si la règle était soudainement modifiée, introduisant des violations par rapport à la règle de départ.

3.3.1.3 Rapports verbaux rétrospectifs

Afin d'avoir une meilleure idée qualitative des processus de traitement des apprenants, certaines études incluent des rapports verbaux. Ceux-ci peuvent être réalisés pendant l'expérience : les participants doivent par exemple décrire ce à quoi ils pensent lorsqu'ils exécutent la tâche demandée, ou sont incités à verbaliser toute règle remarquée (Rebuschat, 2013). Ces rapports peuvent aussi être rétrospectifs :

pendant l'entretien de fin d'expérience, les participants doivent verbaliser les règles retenues, ou expliciter la manière dont ils ont réfléchi pendant la tâche. Les connaissances sont alors considérées comme non conscientes lorsqu'un effet d'apprentissage est observé mais que le participant est incapable de décrire les connaissances qui sous-tendent sa performance. Les études montrent une dissociation entre les performances sur la tâche et la verbalisation des connaissances (voir par exemple [Rebuschat et Williams, 2012](#)). Cependant, l'idée que les connaissances ne sont pas conscientes lorsqu'elles ne sont pas verbalisées est critiquée car ce critère est incomplet et n'est pas suffisamment sensible. En effet, des connaissances peuvent être explicites sans être verbalisables, et l'incapacité à rapporter ces connaissances a posteriori ne signifie pas nécessairement que les celles utilisées pendant la tâche sont uniquement implicites.

3.3.1.4 Imitation provoquée

Pour tester plus spécifiquement les [connaissances implicites](#), certains chercheurs ont recours à des tâches d'imitation provoquée (*elicited imitation*). Dans ce type de tâche, le participant doit écouter attentivement des séquences nouvelles et les répéter. Parfois, il doit entre temps effectuer une tâche de distraction comme dire s'il est d'accord avec l'affirmation ou évaluer sa plausibilité. Certains stimuli présentés sont agrammaticaux. L'idée derrière cette tâche est que si les représentations grammaticales des apprenants correspondent à la source (le stimulus entendu), alors il leur sera facile de répéter. De plus, si les participants ont la compétence implicite correspondante, ils corrigent les stimuli non grammaticaux spontanément, sans en être conscients ([Jessop et al., 2007](#)).

3.3.1.5 Tests directs et indirects

Certains chercheurs font une différence entre ce qu'ils nomment tests directs et indirects ([Rebuschat, 2013](#)). Les tests directs demandent explicitement au participant d'utiliser ses connaissances et l'encouragent donc à faire appel à toute connaissance consciente pertinente. À l'inverse, les tests indirects mesurent la performance sans donner aucune instruction concernant les connaissances acquises à utiliser. Ainsi, la performance sur un jugement de grammaticalité sans limite de temps est un test direct alors que l'utilisation de temps de réaction ou l'imitation provoquée sont des tests indirects. Les connaissances sont alors considérées comme non conscientes si un test indirect indique un effet d'apprentissage mais pas un test direct. [Ellis \(2009b\)](#) recommande donc de combiner ces différentes sortes de tests. Il préconise d'utiliser comme test des [connaissances implicites](#) une tâche d'imitation provoquée avec des phrases grammaticales et agrammaticales, une tâche de narration orale ou un jugement de grammaticalité en temps limité. Pour les [connaissances explicites](#), il

suggère d'avoir recours à un jugement de grammaticalité sans limite de temps ou un test de connaissances métalinguistiques. Roehr-Brackin (2015) propose également d'utiliser un test écrit sans pression de temps, puisque la capacité à juger les stimuli non grammaticaux s'appuie sur le même facteur que la capacité à donner les règles sous-jacentes.

3.3.2 Difficultés

Il existe cependant un certain nombre de problèmes avec les mesures présentées ci-dessus. D'une part, la pression de temps ne garantit pas une mesure pure des connaissances explicites, comme l'explique DeKeyser (2003) et comme le montrent les études de Suzuki (2017b) et Suzuki et DeKeyser (2017). Les tests avec une limite de temps font bien appel à un facteur différent des tests sans limite (Ellis, 2009b), mais cette pression temporelle ne limite pas l'accès aux connaissances explicites pour les apprenants avancés. Cette utilisation de connaissances explicites très automatisées reste distincte de l'utilisation de connaissances implicites non conscientes comme peuvent en mobiliser les natifs — ce qui n'exclut pas non plus le recours à une certaine forme de connaissances explicites pour cette population. D'autre part, la durée courte des études menées biaise les résultats contre les connaissances implicites. La conception de la tâche elle-même a son importance, et Andringa et Rebuschat (2015) remarquent un biais en faveur de l'apprentissage explicite. En outre, les tâches elles-mêmes ne déterminent pas quel type de connaissance est utilisé mais prédisposent seulement à l'utilisation de l'un ou l'autre type (Godfroid *et al.*, 2015, p.271) :

(...) tasks only predispose learners toward the use of one type of knowledge or the other, they cannot determine which type of knowledge is used, as, in part, what knowledge is used depends on the knowledge sources available to the individual learner.

Les rapports rétrospectifs sont quant à eux peu fiables : avec suffisamment d'entraînement, les sujets peuvent souvent verbaliser les règles (Rebuschat, 2013). L'utilisation de tests directs et indirects à la fois est théoriquement pertinente mais en pratique souvent inutile, puisqu'un effet d'apprentissage est souvent observé sur les deux types de mesures (Rebuschat, 2013). Sanz et Grey (2015) notent également que l'utilisation des mesures temporales n'est pas sans ambiguïté : des réponses plus rapides indiquent-elles l'utilisation de processus automatiques implicites ou uniquement de processus contrôlés accélérés ? Les tâches d'imitation provoquée ne sont pas elles non plus exemptes de toute critique : Suzuki (2017b) suggère qu'elles font elles aussi appel à des connaissances explicites très automatisées plutôt qu'à la compétence implicite, pour les mêmes raisons qu'un jugement de grammaticalité en temps limité : la pression de temps n'empêche pas les apprenants avancés d'accéder à leurs connaissances explicites très automatisées, qui jouent le même rôle fonctionnel que

les connaissances implicites et dont la mobilisation est tout aussi rapide. Toutefois, ce type de tâche concentre l'attention sur le sens plutôt que la forme, et reste donc une meilleure mesure de compétence implicite qu'un jugement de grammaticalité.

3.3.3 Autres mesures comportementales

Face à ces difficultés, d'autres mesures comportementales ont été développées : le jugement de confiance et l'attribution de la source de la décision. Pour Rebuschat (2013), il y a deux seuils d'explicitation des connaissances : un seuil subjectif, à partir duquel les sujets n'ont pas de métacognition de leur savoir (ils ne savent pas ce qu'ils savent) et un seuil objectif, à partir duquel les participants n'ont effectivement pas les connaissances en question. Les participants se trouvent au seuil subjectif lorsqu'ils croient répondre au hasard mais que leur performance est supérieure au hasard : c'est le *guessing criterion* ou critère du hasard de Dienes *et al.* (1995). De même, les participants ont des connaissances implicites lorsque leur niveau de confiance n'est pas lié à leur performance, d'après le critère d'absence de corrélation de Chan (1992). Dienes et Scott (2005) ont donc proposé de nouvelles mesures subjectives visant à mettre en pratique ces deux critères. La première est le jugement de confiance : les participants doivent, après chaque réponse à un jugement de grammaticalité, évaluer à quel point ils ont confiance en leur propre jugement. Si les participants sont plus confiants lorsqu'ils répondent correctement, cela indique des représentations explicites. À l'inverse, si les participants rapportent n'avoir aucune confiance dans leur jugement alors qu'ils répondent correctement, un certain degré de connaissances implicites accompagne les connaissances explicites. La deuxième mesure est l'attribution de la source de la décision. Après avoir évalué leur confiance dans leur réponse, les participants doivent préciser le processus qui a motivé leur décision. Si les participants déclarent répondre au hasard alors que leur performance montre l'inverse, c'est que les connaissances implicites dominent. Si en revanche leurs réponses correctes sont liées à l'utilisation de règles, c'est qu'ils s'appuient essentiellement sur leurs connaissances explicites. Ces deux mesures ont été utilisées dans plusieurs études récentes, telles que celles de Grey *et al.* (2014), Rebuschat (2009), Rogers *et al.* (2016) ou Tagarelli *et al.* (2015).

Article	Entr.	GJT	Confiance & Source	ERPs	Imitation	Rapports verbaux	Autres
Andringa et Curcic (2015)	Expl. vs Impl.	+	+				Eye-tracking
Batterink <i>et al.</i> (2015)	Impl.			+			Reconnaissance
Batterink et Neville (2013a)	Expl. vs Impl.	+		+			
Bell (2017)	Expl. vs Impl.	+	+		+		
Brooks <i>et al.</i> (2006)	Impl.						Production
Cleary et Langley (2007)	Impl.						Reconnaissance
Davidson et Indefrey (2007)	Impl.			+			Classement de Préférence
DeKeyser (1995)	Expl. vs Impl.						Choix image, Production, Texte à trous
Denhovska <i>et al.</i> (2016)	Impl.						Texte à trous
Ellis (2005b)	-	+			+		Production, Connaisances métaling.
Farettta-Stutenberg et Morgan-Short (2011)	Impl.					+	Reconnaissance, Choix forcé
Francis <i>et al.</i> (2009)	Impl.						Lecture à voix haute

Article	Entr.	GJT	Confiance & Source	ERPs	Imitation	Rapports verbaux	Autres
Friederici (2002)	Impl.		+				
Godfroid (2015)	Impl.						Surveillance de mot et Production
Grey <i>et al.</i> (2014)	Impl.	+	+				
Housen <i>et al.</i> (2005)	Expl.	+					Production
Kachinske <i>et al.</i> (2015)	Impl.	+	+				
Leung <i>et al.</i> Williams (2011)	Impl.				+		Choix d'image
Morgan-Short <i>et al.</i> (2014, 2010, 2012)	Expl. vs Impl.	+		+			
Mueller <i>et al.</i> (2009)	Impl.	+					
Opitz <i>et al.</i> (2011)	Impl.			+			Classement
Rebuschat (2009)	Impl.	+	+				
Rebuschat <i>et al.</i> Williams (2012)	Impl.	+	+		+		
Rebuschat <i>et al.</i> (2015)	Impl.			+	+		Choix forcé

Article	Entr.	GJT	Confiance & Source	ERPs	Imitation	Rapports verbaux	Autres
Rogers <i>et al.</i> (2016)	Impl.	+	+				
Rosa et Leow (2004)	Expl. vs Impl.					Choix forcé, Production	
Sanz et Morgan-Short (2004)	Expl. vs Ompl.					Choix d'image, Production	
Silva <i>et al.</i> (2017)	Impl.	+		+			
Suzuki (2017b)	Impl. vs Expl.	+				Eye-tracking, Surveillance de mot, Texte à trous	
Suzuki (2017a)	Expl.						Production
Tagarelli <i>et al.</i> (2015)	Impl. vs Expl.	+	+				
White <i>et al.</i> (2012)	Impl.	+		+		Lecture à son rythme	
Williams (2005)	Impl.				+	Choix forcé	
Zhang (2015)	Impl. vs Expl.	+		+		Test métalinguistique	

TABLEAU 3.2 – Mesures de connaissances explicites et implicites utilisées dans les études avec entraînements référencés dans ce travail. (Entr. : Entraînement, Expl : entraînement explicite, Impl : entraînement implicite, GJT : Jugement de grammaticalité, ERPs : Potentiels évoqués)

3.4 Conclusion du chapitre

Mesurer les **connaissances implicites** et les **connaissances explicites** des apprenants est une tâche complexe qu'il est difficile de mener de manière fiable. Les mesures comportementales classiques manquent de précision et de fiabilité. Si de nouvelles mesures ont été proposées et font preuve de leur efficacité, il reste utile de les compléter avec d'autres éléments mettant à profit les avancées technologiques disponibles, comme par exemple le suivi des mouvements oculaires. Pour aller plus loin dans l'identification des processus implicites et explicites, on peut également faire appel aux avancées en neurolinguistiques avec le recours à des méthodes d'imageries : l'une des méthodes qui a beaucoup apporté à cette question est l'électro-encéphalographie, ou **EEG**.

Chapitre 4

Comparer les connaissances explicites et implicites avec les potentiels évoqués

Sommaire

4.1	Intérêt et fonctionnement des potentiels évoqués	68
4.1.1	Que sont les potentiels évoqués ?	68
4.1.2	Intérêt pour le traitement du langage	69
4.1.3	Principales composantes pour le traitement du langage	71
4.2	Différences entre L1 et L2 dans les réponses en potentiels évoqués	76
4.2.1	L'âge d'acquisition	78
4.2.2	La compétence	79
4.2.3	Les différences individuelles	82
4.2.4	Récapitulatif	83
4.3	Potentiels évoqués et conditions d'apprentissage	83
4.3.1	Des composantes implicites ou explicites ?	84
4.3.2	Impact des conditions d'apprentissage	84
4.3.3	Langues artificielles et langues miniatures : les résultats peuvent ils être étendus à des langues naturelles ?	90
4.4	Synthèse et motivation des expériences de cette thèse	92
4.4.1	Observations	92
4.4.2	Questions de recherche générales	94

4.1 Intérêt et fonctionnement des potentiels évoqués

4.1.1 Que sont les potentiels évoqués ?

Les **potentiels évoqués (ERP)**, en anglais *event-related potentials*, sont des changements de tension à la surface du crâne qui reflètent la réponse neuronale à un événement précis (Fabiani *et al.*, 2007; Luck, 2014; van Hell et Tokowicz, 2010). Ils sont récupérés grâce à l'analyse de données électroencéphalographiques : l'activité électrique cérébrale est enregistrée à l'aide d'électrodes attachées au cuir chevelu à différents emplacements et connectées à des amplificateurs, puis cette activité est synchronisée avec certains points précis des stimuli afin d'être analysée. Lorsque les neurotransmetteurs se lient à des récepteurs sur la membrane de la cellule post-synaptique, ils causent l'ouverture ou la fermeture des canaux ioniques, et provoquent un changement progressif de la tension dans la membrane de la cellule, appelé potentiel post-synaptique, d'une durée allant de dizaines à plusieurs centaines de millisecondes. Dans certaines conditions les potentiels de nombreux neurones s'additionnent et peuvent donc être enregistrés à distance : l'électroencéphalographie permet ainsi d'enregistrer la somme des potentiels post-synaptiques d'un grand nombre de neurones simultanément. Il est communément admis que les potentiels évoqués récupérés en surface proviennent principalement des cellules pyramidales, qui sont les principales cellules en charge des données entrantes et sortantes dans le cortex cérébral (Fabiani *et al.*, 2007; Luck, 2014; Osterhout *et al.*, 2004). En effet, pour que les changements de tension soient perceptibles en surface du crâne, il faut qu'ils se produisent au même moment sur des milliers ou millions de neurones ayant une orientation similaire, que les dipôles provoqués par le courant qui circule dans la cellule soient alignés dans l'espace et que les potentiels post-synaptiques de la majorité des neurones viennent de la même partie de la cellule. Cela se produit principalement dans les cellules pyramidales, qui sont orientées perpendiculairement à la surface corticale. C'est aussi la raison pour laquelle seule une fraction des processus cérébraux produit une signature en potentiels évoqués de surface.

Les potentiels évoqués se présentent sous la forme d'une succession de pics d'amplitude parmi lesquels différentes composantes sont identifiées d'après leur polarité, leur latence, leur amplitude et leur distribution topographique à la surface du crâne (Fabiani *et al.*, 2007; Luck, 2014). Luck (2014, p.66) propose comme définition conceptuelle d'une composante qu'il s'agit d'un signal neuronal enregistré en surface et généré dans un module neuroanatomique spécifique lorsqu'une opération computationnelle particulière est réalisée. Cependant, lors de l'enregistrement EEG, les signaux mélangés de nombreux générateurs sont combinés à chaque électrode, et ne permettent pas d'identifier précisément la contribution de chaque module ni

l'opération qui est réalisée de manière sous-jacente. Luck (2014, p.68) propose alors la définition opérationnelle suivante :

An ERP component can be operationally defined as a set of voltage changes that are consistent with a single neural generator site and that systematically vary in amplitude across conditions, time, individuals, and so forth. That is, an ERP component is a source of systematic and reliable variability in an ERP data set.

Une composante est donc un ensemble de changements de tension correspondant à un seul générateur au niveau neuronal. Ces changements varient en amplitude de manière systématique selon les conditions, le temps et les autres paramètres de l'expérience. Une composante est donc une source de variation systématique, puisqu'elle reflète des processus sous-jacents censés se produire de la même manière chez des individus ayant en commun un certain nombre de caractéristiques pertinentes pour le processus examiné.

4.1.2 Intérêt pour le traitement du langage

Les potentiels évoqués sont régulièrement utilisés pour examiner des phénomènes liés au langage pour plusieurs raisons (voir Kaan, 2007; Luck, 2014). D'une part, c'est une technique qui possède une excellente résolution temporelle : de l'ordre de quelques millisecondes¹². De plus, les données obtenues sont continues : elles commencent avant la présentation du stimulus et se poursuivent après la réponse. Cela permet de pallier le manque de la plupart des mesures comportementales, qui ne permettent pas de recueillir de données entre le moment de présentation du stimulus et la réponse alors que c'est dans cette période que se produit l'essentiel du traitement. Les potentiels évoqués permettent d'obtenir une mesure de ce qui se produit à chaque moment pendant toute cette période, et fournissent également des informations sur l'état du cerveau avant le début du stimulus mais aussi après la réponse comportementale ou après la réception d'une rétroaction. Cette technique permet donc de déterminer quels processus sont influencés par la manipulation expérimentale, car elle offre une fenêtre sur les différentes étapes du traitement, pas seulement l'étape finale de la réponse comportementale. Les composantes sont en effet considérées comme reflétant différentes étapes du traitement du stimulus. Plusieurs mécanismes sous-jacents peuvent donc être identifiés.

Un autre avantage des potentiels évoqués est que, selon l'expérience, une réponse comportementale n'est pas toujours indispensable. Cela qui permet d'obtenir une mesure même quand cette réponse est impossible ou difficile à obtenir, avec des populations de nourrissons ou de patients atteints de troubles neurologiques sévères

12. Dans notre cas, avec un échantillonnage de 512 Hz et 1000 Hz pour la première et deuxième expérience respectivement, nous avions donc une précision de 2 ms et 1 ms.

par exemple, mais aussi quand cette réponse produirait un biais dans l'expérience. Par exemple, dans le cadre des recherches sur l'attention, il est impossible d'obtenir une réponse comportementale pour des stimuli sur lesquels l'attention ne doit pas être portée, car demander une réaction pour ces stimuli attirerait l'attention sur eux. De même, dans le cadre de recherches sur les processus implicites liés au langage, la réponse comportementale voulue peut ne pas correspondre exactement aux conditions qui seront comparées en potentiels évoqués, afin de conserver une part d'implicite à la tâche demandée.

Les potentiels évoqués reflètent également en partie des processus automatiques, implicites et non-réflexifs (Osterhout *et al.*, 2004), ce qui permet d'examiner des mécanismes non contaminés par les stratégies des réponses comportementales, et en font de même un outil parfaitement adéquat pour l'étude des processus implicites impliqués dans le traitement du langage.

Il faut cependant noter que les potentiels évoqués ne sont pas l'outil idéal pour examiner tous les processus cérébraux, et ont également plusieurs inconvénients (Luck, 2014). Puisqu'ils sont composés de la somme de nombreuses composantes sous-jacentes, il est parfois difficile de décomposer le signal en composantes individuelles et donc de déterminer les mécanismes à l'oeuvre. Contrairement aux techniques d'imageries telles que l'**IRM**, les potentiels évoqués ne permettent pas d'identifier les régions cérébrales activées durant la réalisation d'une tâche : en effet, il est difficile de déterminer la source spatiale exacte du signal observé et donc la localisation du générateur neuronal de la composante. De plus, comme nous l'avons vu plus haut, du fait du fonctionnement de l'électroencéphalographie, certains processus n'ont pas de signature distincte en potentiels évoqués et n'apparaissent donc pas dans le signal récupéré. Les potentiels évoqués représentent des effets de faible taille comparés au bruit provoqué par le fonctionnement général du cerveau : il est nécessaire d'obtenir beaucoup d'essais par condition, ce qui fait que les expériences en électroencéphalographie sont souvent longues. Toutes les manipulations ne se prêtent pas non plus aux études en potentiels évoqués : les événements doivent être mesurables à un point temporel précis, qui sert ensuite de point de synchronisation entre les essais pour comparer les signaux obtenus dans chaque condition. Si la résolution temporelle est très bonne, elle est aussi mieux adaptée à des processus courts : des mécanismes durant plus de quelques secondes seront trop contaminés par le bruit pour être observables. Enfin, afin d'obtenir des données propres, les mouvements doivent être minimisés, notamment au niveau du visage. L'**EEG** est donc peu adaptée à des études en production.

Malgré ces inconvénients, l'électroencéphalographie est donc une méthode tout à fait adaptée à l'analyse de processus liés au langage, notamment à la perception de la syntaxe d'une **L2**. L'analyse en potentiels évoqués est particulièrement pertinente pour l'étude de mécanismes implicites liés au traitement de la **L2**, puisque la ré-

ponse comportementale n'est pas nécessaire et qu'une tâche moins explicite qu'une détection comportementale de violations grammaticales peut donc être envisagée pendant l'enregistrement des données.

4.1.3 Principales composantes pour le traitement du langage

Les composantes des potentiels évoqués sont généralement décrites selon leurs caractéristiques de distribution, de polarité et de latence (Fabiani *et al.*, 2007). Certaines d'entre elles ont été identifiées comme particulièrement liées au traitement du langage.

4.1.3.1 ELAN

L'*Early Left Anterior Negativity* (ELAN) est une composante très précoce, maximale entre 150 et 200 ms et, comme indiqué par son nom, localisée dans la région antérieure gauche (Caffarra *et al.*, 2015; Hahne et Friederici, 1999; van Hell et Tokowicz, 2010). Elle a été observée notamment pour des violations de la structure syntaxique de la phrase, c'est-à-dire lorsqu'un mot est remplacé par un autre mot d'une catégorie grammaticale différente et illicite à cette position de la phrase (Friederici, 1995, 2002; Friederici *et al.*, 1993; Friederici et Weissenborn, 2007; Hahne, 2001; Hahne et Friederici, 1999; Mueller, 2005; Mueller *et al.*, 2005; Rossi *et al.*, 2006). L'**ELAN** est considérée comme reflétant le traitement syntaxique en catégories grammaticales (*parsing*) précoce et automatique : ces catégories grammaticales sont utilisées pour créer une première structure en constituants (Friederici, 2002; Friederici et Weissenborn, 2007). Cependant, l'existence de cette composante est controversée : Steinhauer et Drury (2012) relèvent que dans de nombreuses études, elle apparaît alors même que la violation grammaticale n'a pas été présentée (c'est le cas dans la majorité des études utilisant comme point de synchronisation le début du mot critique alors que la violation n'apparaît parfois qu'à la fin de ce mot, et que la présentation auditive de celui-ci n'est pas terminée au bout de 100 ms). De plus, l'**ELAN** n'est pas toujours observée pour les violations de catégorie grammaticale chez les locuteurs natifs (Bowden *et al.*, 2013).

4.1.3.2 LAN

Une deuxième composante intéressante est la négativité antérieure (AN), parfois latéralisée à gauche et dans ce cas appelée LAN, ou *Left Anterior Negativity*. Celle-ci est maximale autour de 400 ms sur les électrodes antérieures. Elle est bilatérale ou concentrée sur l'hémisphère gauche, selon les cas. Elle a été observée pour des violations de différentes sortes, liées principalement à la structure en constituants des phrases ou à des violations morphosyntaxiques intégrées dans un contexte de

phrase. Ainsi, Weber-Fox et Neville (1996), Isel *et al.* (2007), Zawiszewski *et al.* (2011), Bowden *et al.* (2013), et Newman *et al.* (2007) l'ont observée en réponse à des violations de catégorie de mots. Elle peut également apparaître après des violations de l'accord sujet-verbe (Chen *et al.*, 2007; Molinaro *et al.*, 2011; Ojima *et al.*, 2005; Rossi *et al.*, 2006), de l'accord de nombre entre déterminant et nom (Barber et Carreiras, 2005) ou nom et adjectif (Alemán Bañón *et al.*, 2014; Gillon-Dowens *et al.*, 2010; Lemhöfer *et al.*, 2014) ou de l'accord de genre (Gillon-Dowens *et al.*, 2010). D'autres équipes l'ont observée après la violation de marques des temps (Moreno *et al.*, 2009), plus particulièrement des marques du passé, par exemple en réponse à des régularisations de participes irréguliers (Hahne *et al.*, 2006) ou des erreurs sur des marques flexionnelles régulières (Newman *et al.*, 2007). Les violations de marque des cas peuvent également provoquer une LAN (Mueller *et al.*, 2008).

La LAN n'est cependant pas observée de manière systématique : elle n'est parfois pas présente dans des situations où elle serait attendue, par exemple avec l'accord sujet-verbe (Bond *et al.*, 2011; Tanner *et al.*, 2013), des accords en nombre (Bond *et al.*, 2011) ou des accords de genre (Foucart et Frenck-Mestre, 2012). Cette variation dans l'apparition de la LAN est considérée par certains comme due aux différences individuelles (Morgan-Short *et al.*, 2015b). Cette composante n'est pas affectée par la proportion de violations par rapport aux items corrects dans les stimuli. Elle est considérée comme un indice du traitement grammatical automatique et régi par des règles (Gunter *et al.*, 2000; Morgan-Short *et al.*, 2015b). Elle peut ainsi être due à des difficultés à intégrer des informations morphosyntaxiques dans la structure de la phrase dans une optique d'assignation des rôles thématiques (Cafarra *et al.*, 2015; Friederici, 2002; Kaan, 2007), ou à la détection d'une incongruité dans les processus de liage et de dépendance dans le traitement de l'accord (Barber et Carreiras, 2005; Bornkessel et Schlesewsky, 2006). Certains avancent qu'elle reflète parfois une charge plus générale en mémoire de travail (Kaan, 2007), bien que d'autres chercheurs soutiennent que la LAN est qualitativement différente des composantes à polarité négative liées à cette charge de mémoire (Martín-Lloeches *et al.*, 2005).

4.1.3.3 N400

La N400 est un effet à polarité négatif, maximal autour de 400 ms sur les électrodes centro-postérieures. Elle est typiquement associée au traitement sémantique du langage. Ainsi, elle apparaît en réponse à des anomalies lexico-sémantiques, quand le mot est difficile à intégrer ou à prédire sur la base du contexte (Federmeier, 2007; Kutas et Federmeier, 2011; Kutas *et al.*, 1977). Son apparition peut aussi dépendre de l'organisation fonctionnelle de la mémoire sémantique (Kutas et Federmeier, 2000) ou de contraintes contextuelles locales (DeLong *et al.*, 2005). Mais la N400 a aussi été observée en réponse à des violations syntaxiques. Dans les études de Weber-Fox

et Neville (1996), Proverbio *et al.* (2002), Kotz (2009), et Guo *et al.* (2009), des violations de structure syntaxique provoquaient ainsi une N400. C'était également le cas de violations de marque des cas (Zawiszewski *et al.*, 2011), des temps (Weber et Lavric, 2008) et d'erreurs dans les accords sujet-verbe (Tanner *et al.*, 2014; Tanner et van Hell, 2014; Xue *et al.*, 2013; Zawiszewski *et al.*, 2011), les accords en nombre (Barber et Carreiras, 2005; Batterink et Neville, 2013a; Osterhout *et al.*, 2006) et en genre (Barber et Carreiras, 2005; Foucart et Frenck-Mestre, 2012; Morgan-Short *et al.*, 2010). Une N400 a aussi été observée lorsque les violations syntaxiques requéraient une intégration sémantique plus profonde (Mancini *et al.*, 2011a,b), en réponse à des effets de *garden-path* (Nickels *et al.*, 2013; Pauker *et al.*, 2011), et lors des processus de récapitulation de fin de phrase (Hagoort, 2003). La N400 reflète l'intégration sémantique du mot dans son contexte, les processus pré-sémantiques que sont l'analyse orthographique et phonologique et l'accès aux connaissances sémantiques (Isel, 2017; Morgan-Short *et al.*, 2015b). Elle pourrait être liée aux processus sous-tendus par le système de mémoire déclarative. Elle serait donc observée pour le traitement des violations morphosyntaxiques lorsque celui-ci, du fait de différences individuelles, fait appel à la mémoire déclarative plutôt que procédurale, ou lorsque les locuteurs s'appuient davantage sur des informations lexico-sémantiques pour traiter la syntaxe plutôt que sur des processus basés sur des règles.

4.1.3.4 P600

La P600 est la composante qui est observée le plus souvent dans le traitement du langage, puisqu'elle est provoquée par une grande variété de phénomènes et ce de manière relativement systématique. Il s'agit d'une onde positive maximale autour de 600 ms, parfois plutôt dès 500 ms lorsque les stimuli sont présentés de manière auditive (Osterhout et Holcomb, 1992; Patel *et al.*, 1998b; Qi *et al.*, 2017), et localisée sur les électrodes postérieures. Elle est régulièrement observée en réponse à des violations de catégorie grammaticale (Batterink et Neville, 2013b; Bowden *et al.*, 2013; Friederici, 2002; Friederici *et al.*, 1993; Hahne, 2001; Kotz *et al.*, 2008; Mueller, 2005; Newman *et al.*, 2007; Pakulak et Neville, 2010; Zawiszewski *et al.*, 2011). Elle est également provoquée par diverses sortes de variations d'accord : des accords de nombre ou personne entre sujet et verbe (Batterink et Neville, 2013b; Deng *et al.*, 2015; Frenck-Mestre *et al.*, 2008; Osterhout *et al.*, 2006; Tanner *et al.*, 2014; Tanner et van Hell, 2014; Xue *et al.*, 2013; Zawiszewski *et al.*, 2011), ou impliquant des noms (Alemán Bañón *et al.*, 2014, 2017; Batterink et Neville, 2013b; Gillon-Dowens *et al.*, 2011; Lemhöfer *et al.*, 2014; Osterhout *et al.*, 2006), ou des accords de genre (Alemán Bañón *et al.*, 2014, 2017; Foucart et Frenck-Mestre, 2010, 2012; Gillon-Dowens *et al.*, 2011, 2010; Molinaro *et al.*, 2011; Morgan-Short *et al.*, 2010; Tokowicz et MacWhinney, 2005). La P600 apparaît aussi en réponse à des violations de marques de temps (Moreno *et al.*, 2010; Sabourin et Stowe, 2008; Schmidt-Kassow

et al., 2011; Tokowicz et MacWhinney, 2005; Weber et Lavric, 2008; White *et al.*, 2012) y compris pour des violations de marques flexionnelles du passé (Newman *et al.*, 2007); pour des violations de marque de cas (Mueller, 2005; Mueller *et al.*, 2008; Osterhout *et al.*, 2006) ou de la forme des déclinaisons (Davidson et Indefrey, 2009), ou même encore pour des erreurs sur le placement des pronoms (German *et al.*, 2015). Cette composante a également été observée pour des problèmes de structure thématique du verbe (Bornkessel-Schlesewsky et Schlesewsky, 2008; van de Meerendonk *et al.*, 2009). Elle n'est pas provoquée uniquement par des violations, mais aussi par la complexité de certaines structures syntaxiques. Par exemple, elle a été observée en réponse à des phrases contenant des *garden-paths* (Friederici et Meyer, 2004; Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Osterhout et Holcomb, 1992, 1993; Osterhout *et al.*, 1994; Pauker *et al.*, 2011) : elle apparaît au point auquel il devient évident que la structure syntaxique construite initialement a besoin d'être revue (Osterhout *et al.*, 1994), et dépend du degré auquel les mots rencontrés correspondent aux attentes syntaxiques en temps réel (Kaan, 2007).

Il semble que la présence de la P600 soit influencée par plusieurs facteurs (Morgan-Short *et al.*, 2015b). Ainsi, contrairement à la LAN, elle dépend de la probabilité des violations dans l'*input* : lorsque celles-ci sont plus communes, son amplitude est réduite (Sassenhagen *et al.*, 2014). Elle dépend également de l'information sémantique disponible : des violations sémantiques fortes et très saillantes provoquent une N400 suivie d'une P600, alors que cette dernière n'apparaît pas en réponse à des violations sémantiques moins saillantes (Sassenhagen *et al.*, 2014). La présence de la P600 est liée à la nature de la tâche expérimentale : si on l'observe systématiquement lorsque la tâche est un jugement de grammaticalité, ce n'est pas toujours le cas lorsqu'il est demandé aux participants de se concentrer sur la cohérence sémantique. Son amplitude est plus grande lorsque les violations syntaxiques sont pertinentes pour la tâche en cours, mais elle est réduite ou absente lorsque ce n'est pas le cas. Lorsque l'attention n'est pas orientée vers ces erreurs grammaticales, les composantes négatives précoce sont généralement observées mais pas nécessairement la P600 (Sassenhagen *et al.*, 2014). La proéminence de la violation influence aussi l'amplitude de la P600 : plus la violation est saillante, plus l'amplitude de la P600 est grande (Pélissier *et al.*, 2017; Sassenhagen *et al.*, 2014). La P600 est également alignée sur la réponse comportementale du sujet, comme l'est la composante P3 : Sassenhagen *et al.* (2014), Sassenhagen et Bornkessel-Schlesewsky (2015) et Bornkessel-Schlesewsky *et al.* (2011) proposent donc que la P600 est en réalité une composante de la P3. Celle-ci, comme la P600, marque un point où le stimulus a atteint une certaine proéminence subjective et où une forme d'adaptation et de réanalyse est en train de se produire.

Si cette théorie ne fait pas l'unanimité, la signification générale de la P600 fait en revanche l'objet d'un consensus large : elle est comprise comme la marque de

processus tardifs et contrôlés d'analyse syntaxique et de réparation après la détection d'une anomalie, lorsque celle-ci produit des difficultés d'intégration du stimulus dans la structure déjà construite (Caffarra *et al.*, 2015; Friederici, 2002; Kaan, 2007; Molinaro *et al.*, 2008; Morgan-Short *et al.*, 2015b). Elle traduit également les couts de monitoring, de vérification et de retraitement de l'input (van de Meerendonk *et al.*, 2009). Les processus tardifs d'intégration qu'elle reflète ne sont cependant pas nécessairement spécifiques à la syntaxe (Brouwer *et al.*, 2012; Shen *et al.*, 2016). Il est possible également qu'elle soit la signature de plusieurs processus sous-jacents pouvant être plus ou moins explicites ou contrôlés (Morgan-Short *et al.*, 2015b), notamment mécanismes de monitoring et de réanalyse partagés avec d'autres domaines (Shen *et al.*, 2016).

4.1.3.5 P3

La P3 comporte deux sous-composantes : la P3a, et la P3b. La P3a est une déflection positive précoce (maximale entre 250 et 280 ms) sur les électrodes fronto-centrales, reflétant l'engagement de l'attention et le traitement d'éléments nouveaux et inattendus (Isel, 2017). La P3b, dont la P600 est donc potentiellement une sous-composante, est une vaste onde positive, maximale au niveau des électrodes centro-pariétales et apparaissant généralement entre 250 et 500 ms, parfois plus tardivement. Elle est provoquée par des stimuli inattendus et surprenants (Isel, 2017; Sassenhagen *et al.*, 2014), subjectivement très saillants pour le participant mais pertinents pour l'exécution de la tâche en cours. Plusieurs théories existent sur sa signification (voir Sassenhagen *et al.*, 2014). Nieuwenhuis *et al.* (2005) propose que la P3 est associée à la réorientation cognitive et à l'attention. D'après cette théorie, la P3 est associée au système de délivrance de norépinéphrine (ou noradrénaline) par le locus coeruleus, un noyau sous-cortical du tronc cérébral. Ce noyau délivre de la norépinéphrine à des sites corticaux cibles pour augmenter l'excitabilité corticale et permettre la réorientation cognitive, nécessaire par exemple à l'exécution ou l'inhibition d'une réponse comportementale. Il est important de noter que cette réorientation ne résulte pas nécessairement d'un comportement conscient et manifeste : elle peut se faire sans que le participant ait conscience d'avoir réagi à un stimulus saillant (Sassenhagen et Bornkessel-Schlesewsky, 2015). Ce modèle implique que la latence de la P3 dépend du temps qu'il faut au sujet pour traiter le stimulus à un niveau auquel ses aspects subjectivement importants sont reconnus.

4.1.3.6 N400 ou P600 ?

La conception selon laquelle un type de violation syntaxique provoque l'apparition d'une composante en particulier est remise en cause par les études de Tanner *et al.* (2014, 2013) et Tanner et van Hell (2014). En effet, ces auteurs ont montré

l'influence des différences individuelles sur la nature et la polarité de la réponse à des violations morphosyntaxiques dans la langue maternelle des locuteurs. Ils ont ainsi mis en évidence un continuum chez des locuteurs natifs de l'anglais entre N400 et P600 en réponse à des violations d'accord sujet-verbe. Cela pourrait être dû au fait que tous les locuteurs monolingues n'utilisent pas les mêmes stratégies de traitement pour interpréter leur langue maternelle. Ainsi, dans une récente mise à jour de l'hypothèse de la Structure Syntaxique Creuse, qui stipulait que les apprenants n'utilisaient pas des représentations syntaxiques hiérarchisées mais s'appuyaient uniquement sur les indices sémantiques et pragmatiques, Clahsen et Felser (2018) avancent que ce type de traitement n'est pas nécessairement l'apanage des apprenants. En effet, plusieurs stratégies de traitement peuvent coexister et être privilégiées différemment par les individus :

(...) *there is more than one way of processing and mentally representing morphologically complex cwords, and more than one way of figuring out who did what to whom during sentence comprehension.* (Clahsen et Felser, 2018, p.5)

Certains natifs pourraient donc également privilégier les indices lexico-sémantiques et ainsi manifester une N400 en réponse aux violations syntaxiques. De même, Qi *et al.* (2017) ont observé que les ambiguïtés syntaxiques temporaires provoquaient chez certains natifs une P600 et chez d'autres une N400. Ceux chez qui les violations syntaxiques provoquaient plutôt une P600 étaient plus performants dans l'apprentissage de la morphosyntaxe d'une nouvelle langue.

Ces différentes études ont permis d'établir un modèle de traitement auditif du langage en plusieurs étapes, chacune associée à une composante en potentiels évoqués (Friederici (2002), voir Figure 4.1). Cependant, toutes ces réponses n'apparaissent pas de la même manière lors du traitement de la L2, ni au même stade d'apprentissage : nous allons voir maintenant les différences observées en potentiels évoqués entre le traitement de la première et de la deuxième langue.

4.2 Différences entre L1 et L2 dans les réponses en potentiels évoqués

Plusieurs facteurs influencent la nature des réponses en potentiels évoqués observées chez des apprenants L2 : parmi ceux-ci, l'âge d'acquisition, la compétence, la similarité entre première et deuxième langue ou encore les différences individuelles.

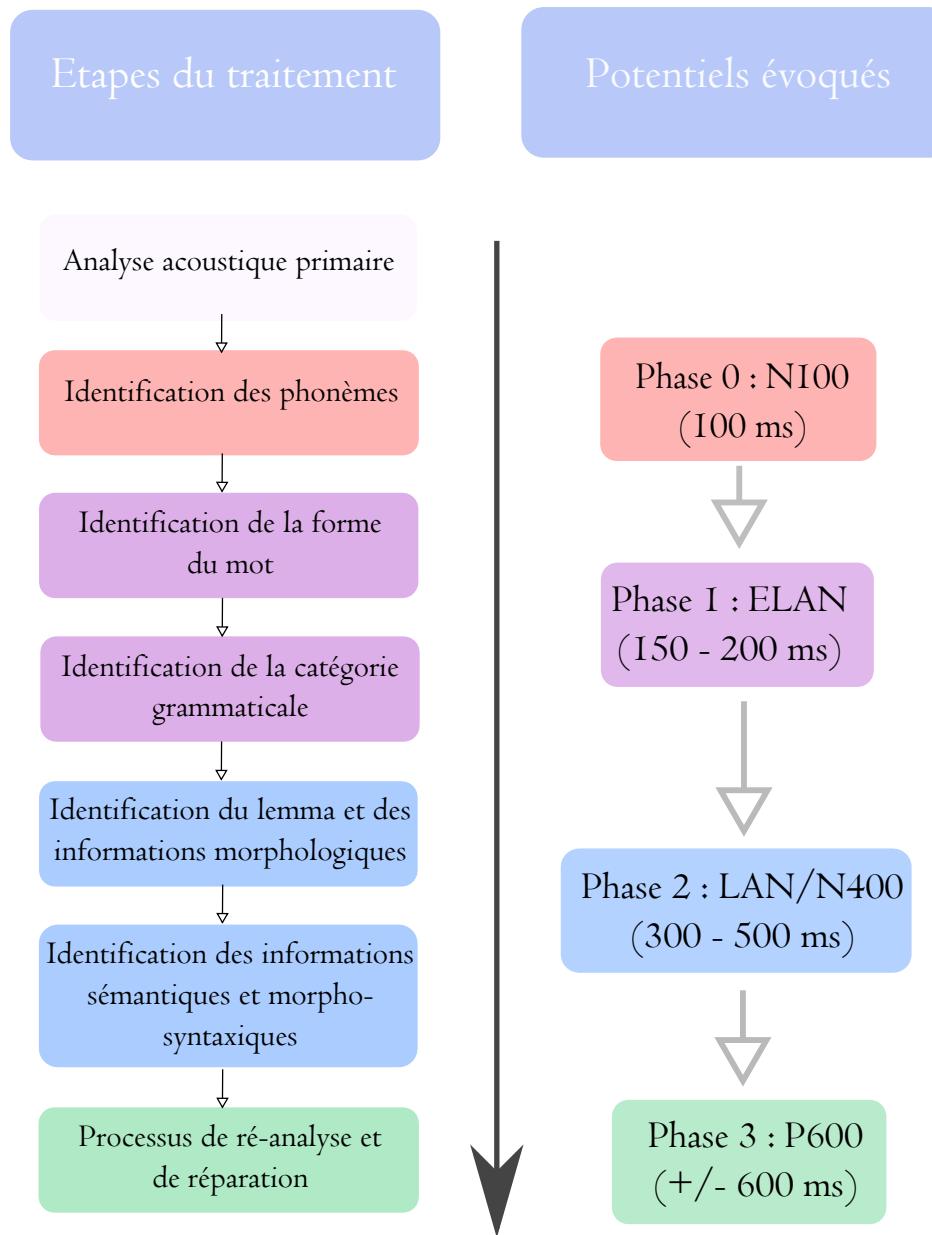


FIGURE 4.1 – Modèle de traitement auditif du langage d'après Friederici (2002)

4.2.1 L'âge d'acquisition

L'organisation neuronale du traitement syntaxique en temps réel est sensible à l'âge d'acquisition : quand l'enfant grandit, les changements biologiques donnent lieu à une perte de plasticité. Cela se reflète notamment au niveau des processus les plus implicites et les plus automatiques comme ceux associés à la LAN ou l'**ELAN** ([Pakulak et Neville, 2010](#)). Selon les théories, la période critique d'acquisition d'une **L2** est conçue soit comme cruciale soit comme facilitatrice (période sensible) pour le succès final de la **L2**, mais le concept ne fait pas consensus. Dans l'acception de [Paradis \(2009\)](#) que nous avons vue dans la Partie 1 (voir [2.1.2.1](#), p. 17), la période critique est la période durant laquelle les mécanismes d'**apprentissage implicite** sont à leur potentiel maximal, soit avant l'âge de cinq ou six ans. Plusieurs études en potentiels évoqués se sont intéressées aux différences que l'âge d'acquisition pouvait avoir sur les réponses électrophysiologiques à des violations syntaxiques. Par exemple, [Weber-Fox et Neville \(1996\)](#) ont observé des différences de distribution, d'amplitude et de latence de la LAN et de la P600 selon l'âge auquel les participants avaient acquis leur **L2** : avant 11 ans ou après 16 ans. Cependant, [Paradis \(2009\)](#) rappelle que fixer le seuil de période critique à la puberté n'a pas de sens puisque le déclin dans les capacités d'**apprentissage implicite** est progressif et bien plus précoce, ce qui correspond à ce que [Hakuta et al. \(2003\)](#) ont observé. L'augmentation de l'âge d'acquisition a également été associée à une réduction de la spécialisation de l'hémisphère gauche pour les processus syntaxiques précoces (des réponses précoces bilatérales sont observées chez les apprenants tardifs à la place de réponses latéralisées à gauche) et à un retard ou une absence des réponses plus tardives ([Caffarra et al., 2015](#)). Cependant, [Steinhauer \(2014\)](#) relève que des études bien contrôlées suggèrent davantage l'hypothèse de la convergence, c'est-à-dire d'une différence dans les mécanismes utilisés pour la **L2** au début de l'apprentissage, avec des réponses en potentiels évoqués plus tardives, moins amples voire qualitativement différentes, mais qui convergent à terme vers des mécanismes neurocognitivement similaires à ceux des natifs : c'est ce qu'il nomme modèle de la convergence. Les résultats de [Bowden et al. \(2013\)](#) vont dans le même sens : la compétence et l'expérience affectent peut-être plus le traitement syntaxique et les réponses en potentiels évoqués que l'âge d'acquisition. En **IRMf** et en **Tomographie par Émission de Positons (TEP)**, le rôle de la compétence est établi : même en contrôlant l'âge d'acquisition, une faible maîtrise de la **L2** est associée à l'activation de régions différentes pour le traitement de la **L1** et la **L2** alors que les mêmes régions cérébrales sont mobilisées par les apprenants avancés ([Steinhauer et al., 2009; van Hell et Tokowicz, 2010](#)). Si l'âge d'acquisition joue un rôle indéniable pour certains aspects de l'acquisition, et notamment la phonologie ([Herschensohn, 2013](#)), la compétence semble également affecter particulièrement les réponses en potentiels évoqués.

4.2.2 La compétence

De nombreuses études ont observé des différences dans les réponses en potentiels évoqués selon la compétence des apprenants. Certains chercheurs ont relevé un retard et une amplitude réduite de la P600 chez des apprenants intermédiaires comparés à des apprenants avancés et à des groupes de natifs, en réponse à des violations de l'accord entre sujet et verbe (McLaughlin *et al.*, 2010; Rossi *et al.*, 2006; Tanner *et al.*, 2014) ou de la structure syntaxique de la phrase (Rossi *et al.*, 2006). La LAN est également régulièrement absente des réponses des apprenants intermédiaires (Ojima *et al.*, 2005; Pélassier *et al.*, 2017; Rossi *et al.*, 2006; Steinhauer *et al.*, 2009), voire même parfois de celle de réponses d'apprenants plutôt avancés pour des violations d'accord sujet-verbe (Chen *et al.*, 2007) ou d'accord de nombre entre nom et adjetif (Gillon-Dowens *et al.*, 2010); elle est toutefois régulièrement observée chez les apprenants très avancés (voir Hahne *et al.*, 2006, pour des violations de formes de verbes irrégulières, Gillon-Dowens *et al.*, 2010, pour l'accord en genre et en nombre entre déterminant et nom, Ojima *et al.*, 2005, et Rossi *et al.*, 2006, pour l'accord sujet-verbe).

Des études longitudinales se sont intéressées à l'évolution qualitative et quantitative des réponses en potentiels évoqués avec la compétence. Osterhout *et al.* (2006) a ainsi testé des apprenants anglophones au cours de leur apprentissage du français, après un, quatre et huit mois d'instruction. Lors du premier test, les violations d'accord de personne entre sujet et verbe et de nombre entre déterminant et nom provoquaient chez les participants une N400, mais dès le deuxième test, ces mêmes violations déclenchaient une P600, malgré une performance faible sur un jugement de grammaticalité. Les auteurs interprètent ces résultats comme indiquant une intégration rapide de certaines règles de la L2. Ces changements ont également été observés par McLaughlin *et al.* (2010).

Les connaissances explicites des apprenants et leur capacité à détecter explicitement les anomalies grammaticales influencent également la nature de leurs réponses en potentiels évoqués. Ainsi, Tanner *et al.* (2013) ont montré que chez des débutants, une réponse plus proche d'une P600 était observée chez ceux qui obtenaient un meilleur score sur un jugement de grammaticalité, alors qu'une N400 apparaissait chez les participants ayant une performance plus faible sur cette tâche. En outre, la magnitude de l'effet P600 est généralement corrélée positivement avec le niveau de compétence sur la structure cible (Batterink et Neville, 2013b; Tanner *et al.*, 2014, 2013; White *et al.*, 2012). En revanche, Tanner *et al.* (2013) ont relevé que la performance sur un jugement de grammaticalité est négativement corrélée à l'amplitude de la N400. La nature de la réponse des apprenants est également sensible aux facteurs attentionnels tels que la saillance de l'anomalie syntaxique, la proportion de violations au sein des stimuli, ou la pertinence des violations pour la tâche (Caffarra *et al.*, 2015). Lorsque la compétence est suffisamment élevée en revanche, les mêmes

réponses tardives (P600 ou N400) que les natifs sont observées en réponse à des anomalies syntaxiques.

Selon [Steinhauer et al. \(2009\)](#), ces changements qualitatifs sont le reflet d'étapes distinctes dans l'évolution du processus de découpage en constituants dans la **L2** du locuteur. Ainsi, aux stades précoce de l'apprentissage, le locuteur s'appuierait sur les probabilités et les fréquences, avec un **input** nécessairement réduit voire partiel comme celui qui est disponible en classe. C'est à cette étape que la LAN est absente et la P600 retardée ou remplacée par une N400 pour les violations morphosyntaxiques et syntaxiques. En revanche, à un plus haut niveau de compétence, les mécanismes recrutés sont plus semblables à ceux des locuteurs natifs (on notera ici que dans les théories basées sur l'usage, ces mécanismes restent ceux que [Steinhauer et al. \(2009\)](#) associent aux premières étapes de l'apprentissage : des mécanismes d'apprentissage associatif basés sur les calculs implicites de probabilité). Des différences quantitatives dans l'amplitude des effets observés peuvent persister, mais on observera une P600 précédée d'une négativité antérieure pour les violations syntaxiques.

Cet effet de la compétence est également pertinent dans la langue maternelle des locuteurs. [Pakulak et Neville \(2010\)](#) ont ainsi montré que l'**ELAN** est plus concentrée au niveau temporel et spatial lorsque le participant est plus compétent dans sa langue maternelle. La P600 est également plus ample pour les participants maîtrisant le mieux leur **L1** ([Pakulak et Neville, 2010; Tanner et al., 2013](#)). En réalité, il semble que la compétence — en **L1** comme en **L2** — ne soit pas nécessairement liée à la nature de la réponse : [Tanner et van Hell \(2014\)](#) ont observé une corrélation entre la P600 et le score sur le jugement grammaticalité visant la structure cible et une corrélation négative entre ce score et la N400, mais ils ont également montré que des mesures de compétences plus générales non spécifiques à la structure cible sont davantage liées à l'amplitude de l'effet (l'indice de magnitude de la réponse) qu'à sa direction, quelle qu'elle soit.

Similarité entre L1 et L2 Si la compétence influence la nature de la réponse en potentiels évoqués, cette compétence dépend également, comme nous l'avons vu (voir [2.2.2, p. 30](#)), de la similarité entre première et deuxième langue de l'apprenant. Ce facteur influence donc aussi les réponses observées en **EEG**. Lorsque les deux langues de l'apprenant sont similaires en terme de structure, une P600 semblable à celle des natifs est généralement observée pour des apprenants ayant un haut niveau de compétence, comme dans l'étude de [Foucart et Frenck-Mestre \(2010\)](#) examinant les réponses à des violations d'accord chez des apprenants germanophones de l'anglais lorsque les règles d'accord sont similaires. À niveau de compétence moindre, la P600 en réponse à des violations de structure au fonctionnement similaire dans les deux langues peut être retardée ([Tokowicz et MacWhinney, 2005](#)). Il existe cependant un consensus sur le fait que l'apprentissage de la **L2** est facilité par le transfert positif

depuis la L1 qui peut avoir lieu lorsque la structure cible a un fonctionnement similaire (McLaughlin *et al.*, 2010). Le traitement de la L2 se complique lorsque la structure cible fonctionne de manière différente (structures spécifiques à la L2) ou conflictuelle (trait instancié dans les deux langues mais de manière différente, provoquant un conflit entre les indices permettant d'interpréter la structure en L1 et en L2).

Pour les structures spécifiques à la L2, Tokowicz et MacWhinney (2005) ont observé une P600 de latence typique avec l'accord en genre entre déterminant et nom chez des apprenants anglophones de l'espagnol lors de leur première année d'instruction. Foucart et Frenck-Mestre (2012) ont relevé une P600 faible avec une distribution antérieure au lieu de postérieure pour l'accord en genre entre nom et adjetif avec des adjectifs postposés, structure spécifique au français contrastant avec la langue maternelle de leurs participants, l'anglais. L'expérience de Gillon-Dowens *et al.* (2010) a également montré une différence de latence : les violations en genre entre déterminant et nom en espagnol provoquaient chez des apprenants anglophones une LAN retardée suivie d'une P600. Enfin, d'autres comme Chen *et al.* (2007) ont observé des différences qualitatives frappantes : chez des apprenants sinophones avancés de l'anglais, les violations de l'accord sujet-verbe, qui n'existe pas en chinois, provoquaient une négativité entre 500 et 700 ms au lieu du complexe LAN + P600 observé chez les natifs de l'anglais.

Les structures conflictuelles sont souvent considérées comme les plus difficiles à acquérir. Dans l'expérience de Tokowicz et MacWhinney (2005), celles-ci ne provoquaient pas de réponses en potentiels évoqués chez les participants, qui ne donnaient donc pas de signe de détecter les violations d'accord en nombre entre déterminant et nom. Des résultats similaires ont été obtenus avec les apprenants germanophones du français de Foucart et Frenck-Mestre (2010), chez lesquels la P600 attendue en réponse à des violations d'accord régies par des règles différentes en allemand et en français n'apparaissait pas. La P600 observée chez des natifs du néerlandais en réponse à des violations de genre était également absente chez des apprenants ayant pour langue maternelle une langue romane dans l'étude de Meulman *et al.* (2014). Si l'usage de la L2 prédisait l'amplitude de la P600 dans une autre condition transparente pour les apprenants, ce n'était pas le cas de cette condition de genre : cette difficulté avec la structure conflictuelle semble persister malgré une plus grande familiarité avec la langue étrangère. Dans l'étude de Foucart et Frenck-Mestre (2012), les violations de l'accord de genre entre nom et adjetif avec adjectifs antéposés, une structure qui fonctionne selon des règles conflictuelles en français et en anglais car le placement de l'adjectif est similaire mais l'accord n'existe pas en anglais, provoquait chez les apprenants anglophones une N400 au lieu de la P600 observée chez les natifs. En revanche, dans l'étude de Gillon-Dowens *et al.* (2010), les effets des violations de la structure conflictuelle (accord en nombre entre déterminant et nom)

étaient supérieurs et plus similaires aux réponses des natifs que ceux de la condition spécifique à la L2 (accord en genre entre déterminant et nom) : une LAN suivie d'une P600 contre une LAN retardée suivie d'une P600. La réalisation phonologique de la violation a également son importance : lorsque la structure fonctionne de manière différente mais que ce trait est réalisé de manière uniquement graphique et non phonétique comme par exemple l'accord en nombre entre déterminant et nom en français, le traitement peut rapidement être similaire à celui des natifs (Osterhout *et al.*, 2006). Dans le cas où la structure fonctionne de manière conflictuelle entre les deux langues des apprenants, les traits peuvent interagir et l'apprenant peut donc être sujet à des effets de transfert à la fois positif et négatif.

4.2.3 Les différences individuelles

Plusieurs types de différences individuelles ont également un impact sur les réponses en potentiels évoqués observées, notamment les différences dans les aptitudes cognitives et verbales. Par exemple, Bond *et al.* (2011) ont observé une corrélation positive entre l'amplitude de la P600 en réponse à des violations d'accord en nombre entre nom et adjectif et un test d'aptitudes verbales (*Modern Language Aptitude Test* ou MLAT). Les capacités de **mémoire déclarative** et **mémoire procédurale** jouent également un rôle important. Plusieurs études ont révélé des interactions entre capacités dans ces deux types de mémoire et conditions d'apprentissage de la L2, mais uniquement au niveau comportemental (Morgan-Short *et al.*, 2014; Tagarelli *et al.*, 2015). Ces résultats vont dans le sens du modèle Déclaratif / Procédural : ils montrent une relation positive entre compétences en L2 et aptitudes en **mémoire déclarative** au début de l'apprentissage, et une relation entre les aptitudes d'apprentissage procédural et le développement syntaxique en L2 à un niveau plus avancé. Seule la thèse de Carpenter (2008) a examiné ces questions en **EEG**. Les aptitudes en **mémoire déclarative** étaient évaluées par un test de reconnaissance et de mémoire visuelle et un test de **mémoire verbale**; celles en **mémoire procédurale** étaient quantifiées par un test probabiliste de prédiction de la météo. Les résultats de cette étude montrent que les capacités dans ces deux types de mémoire prédisent la compétence en L2 de manière différente selon les conditions d'apprentissage. Ainsi, les apprenants recevant une instruction explicite sur la L2 s'appuient sur la **mémoire déclarative** au début de leur apprentissage; leurs capacités dans ce type de mémoire prédisent donc leur compétence aux stades initiaux. Les aptitudes en **mémoire procédurale** prédisent en revanche la compétence uniquement chez les participants recevant un entraînement implicite et à un niveau avancé. L'entraînement implicite semble bénéficier uniquement à ceux qui ont des capacités en **mémoire procédurale** suffisantes. Qi *et al.* (2017) n'ont pas directement observé les aptitudes en **mémoire procédurale** et **mémoire déclarative**, mais se sont intéressés aux capacités d'apprentissage de nouveaux mots et de la morphosyntaxe d'une langue nouvelle. Ils ont observé que

les participants chez qui des violations sémantiques provoquaient une plus grande N400 dans leur **L1** étaient plus doués pour apprendre des nouveaux mots en **L2**. À l'inverse, ceux chez qui les violations syntaxiques provoquaient une P600 plutôt qu'une N400 étaient plus performants sur l'apprentissage de la morphosyntaxe d'une nouvelle langue artificielle. *Qi et al.* (2017) observent que ces liens sont valables au début de l'apprentissage : à ce stade, l'apprentissage est lié aux aptitudes ; mais après quelques temps d'autres facteurs entrent en compte : la motivation, le sommeil, *etc.*

D'autres différences individuelles peuvent également influencer les réponses en potentiels évoqués. *Tanner et van Hell* (2014) ont examiné l'impact d'un grand nombre de facteurs sur ces réponses : l'âge d'arrivée dans un pays où la **L2** est parlée, le temps de résidence dans ce pays, la fréquence d'utilisation de la **L2**, la motivation à parler comme un locuteur natif. Ils ont observé que l'âge d'arrivée dans un pays où la **L2** est parlée et la motivation à parler comme les natifs influençaient la nature de la réponse entre N400 et P600 : ainsi, une P600 était plutôt observée chez les participants étant arrivés plus jeunes et étant plus motivés.

4.2.4 Récapitulatif

La nature et la latence des composantes en potentiels évoqués observés en **L2** est donc influencée par un grand nombre de facteurs. Les études longitudinales montrent que le traitement de la **L2** change de manière qualitative avec le temps (Morgan-Short, 2014; Steinhauer *et al.*, 2009). À l'état final de l'apprentissage, les violations peuvent provoquer chez les apprenants des réponses similaires à celles observées chez les natifs pour les structures présentes dans leur **L1** ou spécifiques à la **L2**; mais cette possibilité est plus controversée pour les structures fonctionnant de manière conflictuelle. Les différences individuelles dans les réponses observées sont expliquées à la fois par des facteurs linguistiques comme la compétence dans la structure cible ou la compétence générale en **L2**, mais aussi par des facteurs non linguistiques tels que les aptitudes cognitives, des facteurs sociaux, la motivation, *etc.* Mais un autre facteur rentre aussi en jeu : les conditions d'apprentissage de la **L2**. En effet, les apprentissages de forme explicite et implicite peuvent mener à des effets en potentiels évoqués similaires à ceux des natifs à des hauts niveaux de compétence, mais il est possible qu'un entraînement implicite mène à une signature plus complète et plus proche de celle des locuteurs natifs.

4.3 Potentiels évoqués et conditions d'apprentissage

Les conditions d'apprentissage, qu'elles soient plutôt implicites ou explicites, semblent donc influencer la nature des réponses en potentiels évoqués observées chez les apprenants. Du fait de la nature des potentiels évoqués, les composantes

représentent également des processus plus ou moins automatiques susceptibles d'être influencés différemment par les conditions d'apprentissage. Peut-on caractériser les composantes en potentiels évoqués selon qu'elles reflètent des processus explicites ou implicites ?

4.3.1 Des composantes implicites ou explicites ?

La LAN est considérée comme implicite et fortement automatique (Gunter *et al.*, 2000, 1997). Plus généralement, les négativités antérieures précoces (pas nécessairement latéralisées à gauche) reflètent le traitement grammatical gouverné par des règles et donc automatique (Morgan-Short *et al.*, 2015b) : le fait qu'elles ne soient pas affectées par les manipulations de la proportion de violations dans le stimulus suggère qu'elles reflètent des mécanismes réellement automatiques, davantage liés au traitement procédural.

La nature automatique ou non de la N400 est plus controversée. Elle a été observée dans des études d'amorçage masqué ou de clignement attentionnel, suggérant qu'elle est elle aussi associée à des processus automatiques non contrôlés (Morgan-Short *et al.*, 2015b). Cependant, elle n'apparaît que pour les stimuli auxquels le participant prête attention, ce qui indique à l'inverse qu'elle reflète des processus contrôlés. De même, elle n'est présente que pour les stimuli correctement jugés comme sémantiquement ou syntaxiquement acceptables ou inacceptables, ce qui est plus compatible avec l'hypothèse d'une N400 associée à des processus post-lexicaux contrôlés.

La P600 est quant à elle considérée comme reflétant des processus tardifs et contrôlés de réanalyse et réparation syntaxique. Le fait qu'elle n'apparaisse que pour les stimuli qui sont objets de l'attention et qu'elle soit sensible à la proportion de violations dans l'*input* va également dans le sens d'une composante reflétant des processus explicites. Cependant, si la P600 est une composante de la P3, elle n'est pas entièrement explicite. Morgan-Short *et al.* (2015b) suggère donc qu'il est probable qu'il y ait plusieurs processus sous-jacents pouvant être implicites ou explicites.

Il est donc difficile d'interpréter les processus qui sous-tendent les composantes ERP comme totalement implicites ou explicites. Cependant, plusieurs études ont montré que les conditions d'apprentissage influencent l'apparition de certaines de ces composantes et suggèrent des liens entre le caractère plus ou moins implicite de l'entraînement et la nature des mécanismes neurocognitifs mobilisés pour le traitement de la L2.

4.3.2 Impact des conditions d'apprentissage

La question commune à ces études est de savoir si des apprenants peuvent converger vers un traitement de la L2 similaire à celui des locuteurs natifs grâce à l'entraî-

nement, et si oui, comment la nature de cet entraînement joue un rôle sur le développement du traitement syntaxique. Nous avons vu plus haut (voir 2.3.2.1, p. 37) qu'il existe un avantage pour les entraînements de type explicite sur les mesures comportementales de performance en L2, mais que les biais des tests favorisent ce type d'instruction. Ces avantages peuvent ainsi disparaître si l'entraînement implicite est donné dans le cadre d'une pratique où la maîtrise grammaticale est essentielle à la complétion de la tâche. Qu'en est-il au niveau des potentiels évoqués ?

Plusieurs études se sont intéressées à l'effet d'entraînements, notamment fondés sur l'instruction, sur les réponses en potentiels évoqués. Mueller (2005) a fait apprendre à des locuteurs natifs de l'allemand une version miniature du japonais, appelée mini-nihongo, à l'aide d'un jeu d'ordinateur audiovisuel. Les participants devaient apprendre le sens et la structure de la langue par essais et erreurs. Après quatre à dix heures d'entraînement, les violations de structure syntaxique et les violations de marques de cas provoquaient chez ces apprenants une P600, comme c'était le cas chez un groupe de locuteurs natifs du japonais. De plus, les violations de structure syntaxique provoquaient une négativité antérieure comme celle attendue chez les natifs, et les violations de cas étaient suivies d'une N400. Six mois plus tard (Mueller *et al.*, 2007), après trois heures d'entraînement pour rafraîchir la mémoire des participants, les violations de cas provoquaient une P600. Chez les locuteurs natifs, celle-ci était précédée d'une N400. Dans une autre expérience, Mueller *et al.* (2008) ont exposé un autre groupe de participants au système de cas en mini-nihongo grâce à un jeu d'ordinateur leur apprenant à construire et analyser la structure syntaxique de la langue sans référence à l'information sémantique. Il s'agissait donc d'un entraînement purement explicite et basé sur la grammaire. Après deux à huit heures d'entraînement, les violations de cas provoquaient chez ces participants une négativité similaire à une N400 suivie d'une P600, comme ce qui était observé chez les natifs. Dans ce cas, l'entraînement le plus explicite était donc celui qui conduisait à des réponses en potentiels évoqués les plus proches de celles des natifs. Dans l'expérience de Davidson et Indefrey (2007), des locuteurs natifs du néerlandais apprenaient explicitement des règles de déclinaison des adjectifs en allemand ainsi que les règles régissant l'accord de genre. Ces explications métalinguistiques étaient suivies d'un entraînement avec feedback pendant vingt minutes. Une semaine plus tard, les violations de déclinaison, mais pas celles de genre, provoquaient chez ces apprenants une P600, alors que les deux types de violations conduisaient chez les natifs à l'apparition d'une P600. L'entraînement explicite conduisait donc à des réponses similaires à celles des natifs, mais pas pour le type de violation fonctionnant de manière conflictuelle dans les deux langues. Friederici (2002) a utilisé la langue artificielle Brocanto pour étudier l'apprentissage d'une L2 des stades initiaux au stades finaux. À l'aide d'un jeu d'ordinateur, leurs participants apprenaient la langue de manière implicite en communiquant en Brocanto, une langue artificielle miniature

fondée sur la structure de langues naturelles et comportant des pseudo-mots suivant la prononciation et les règles phonotactiques de l'anglais. Cette langue est en effet associée à un jeu d'ordinateur : le vocabulaire de quatorze mots du Brocanto permet de désigner les pions du jeu, les verbes renvoyant à des types de mouvements pouvant être effectués sur la grille. Après avoir appris le vocabulaire, les participants devaient effectuer un mouvement et le décrire à haute voix en Brocanto, afin que leur opposant puisse mettre à jour sa grille de jeu. Ainsi, pour compléter cet entraînement, les participants devaient maîtriser la compréhension et la production du Brocanto. Après entraînement, les violations de structure syntaxique provoquaient chez ces apprenants une négativité antérieure précoce maximale sur les électrodes de la ligne médiale puis plutôt postérieure, suivie d'une P600. Ces réponses sont très proches de ce que l'on attend chez un groupe de locuteurs natifs en réponse à des violations de structure : les auteurs en concluent donc que les mêmes processus précoces et automatiques peuvent être recrutés dans l'apprentissage d'une L2 avec un petit système de règles, y compris sans explications métalinguistiques. [White et al. \(2012\)](#) a testé des locuteurs natifs du coréen et du chinois avant et après un entraînement intensif de neuf semaines en anglais, basé sur l'instruction. Les réponses en potentiels évoqués étaient enregistrées pendant que les participants lisait des phrases en anglais contenant des violations de la forme régulière du passé, une structure fonctionnant de manière différente en coréen et n'existant pas en chinois. Si ces violations ne provoquaient pas d'effet lors du pré-test, elles conduisaient à l'apparition d'une P600 lors du post-test chez les participants des deux langues, mais plus tardive chez les locuteurs du chinois. Cet entraînement explicite conduisait donc bien à des changements dans les réponses en potentiels évoqués s'approchant d'un traitement similaire à celui des natifs, mais influencé par la similarité entre L1 et L2. De plus, les réponses plus précoce et associées à un traitement plus automatiques n'étaient toujours pas présentes à la fin de l'entraînement.

D'autres chercheurs se sont intéressés à l'effet de l'entraînement de manière moins directe, dans des études longitudinales par exemple, mais aussi à travers les effets de l'immersion. Ces études montrent notamment que la durée de l'immersion impacte la LAN, qui apparaît lorsque l'immersion est supérieure à cinq ans. Les entraînements longs ou moyennement longs semblent eux avoir un impact sur la P600 ([Caffarra et al., 2015](#)).

Comparaison d'entraînements explicites et implicites Peu d'études ont comparé précisément l'effet de types d'entraînements plus ou moins explicites et implicites sur les processus neurocognitifs recrutés pour le traitement d'une L2. À notre connaissance, ces études sont les suivantes. [Carpenter \(2008\)](#) a entraîné une trentaine de locuteurs natifs de l'anglais sur la langue artificielle Brocanto2, une extension de Brocanto ([Morgan-Short et Bowden, 2006](#)). Ses participants étaient répartis

en deux groupes suivant un entraînement implicite ou explicite. Les participants du groupe Implicite étaient exposés à Brocanto2 durant une session d'entraînement grâce à des exemples sémantiquement pertinents ; pendant ce temps, les participants du groupe Explicite recevaient des informations métalinguistiques et un plus petit nombre d'exemples. Cette phase initiale d'entraînement était suivie d'une pratique commune basée sur la communication et la pertinence de la maîtrise de la grammaire pour la tâche, grâce à une procédure similaire à celle de Friederici (2002). Les données EEG étaient enregistrées pendant que les participants complétaient un jugement de grammaticalité. Après l'entraînement, les violations d'accord provoquaient chez les participants du groupe Explicite une négativité similaire à une N400. Chez les participants du groupe Implicite, les résultats étaient influencés par les capacités en mémoire procédurale des participants. Ainsi, les violations donnaient lieu, pour les participants ayant les plus grandes aptitudes en apprentissage procédural, à une négativité antérieure bilatérale sur les électrodes frontales et latéralisée à gauche sur les électrodes centrales. Chez les participants moins performants en apprentissage procédural, ces violations provoquaient une négativité latéralisée à gauche sur les électrodes frontales et centrale sur les électrodes plus postérieures, ce que l'auteur interprète comme reflétant la possible présence d'une négativité antérieure chez certains participants et d'une N400 chez d'autres. Les violations de structure syntaxique provoquaient chez les participants du groupe Explicite une N400 tardive, mais une négativité antérieure entre 200 et 600 ms chez les participants du groupe Implicite. La négativité antérieure précoce, reflet de processus plus automatiques, était donc observée uniquement à un haut niveau de compétence et seulement pour les apprenants ayant reçu un entraînement implicite, qui pourrait donc aider à la procéduralisation des connaissances grammaticales.

Batterink et Neville (2013b) ont comparé l'effet des deux types d'entraînement sur les réponses en potentiels évoqués à trois types de violations : violations d'accord sujet-verbe, d'accord en nombre déterminant-nom et d'ordre des mots. Leurs soixante-sept participants étaient des locuteurs natifs de l'anglais, et ont été exposés à une version miniature du français, langue dont ils n'avaient aucune connaissance préalable. Quarante-quatre d'entre eux ont reçu un entraînement implicite, et vingt-trois un entraînement explicite. Vingt-quatre natifs francophones ont également été testés. Pendant l'entraînement, les participants avaient comme tâche de comprendre au mieux de petites histoires présentées mot par mot à l'écran et accompagnées d'images pour en éclairer le sens. Les participants du groupe Explicite recevaient également une instruction formelle sur les règles de grammaires impliquées avant le début de l'exposition à la langue. Aucune mention de la grammaire n'était faite pour le groupe Implicite. Contrairement à la tâche de Carpenter (2008), la maîtrise de la grammaire n'était ici pas nécessaire à la réalisation de la tâche pendant l'entraînement. Les participants étaient ensuite testés sur un jugement de grammaticalité

avec de nouvelles phrases présentées visuellement, puis complétaient un questionnaire pour mesurer leurs connaissances explicites des structures cibles. Le tout était réalisé en une seule session. Les résultats en potentiels évoqués montrent que les violations d'accord sujet-verbe et d'ordre des mots provoquaient chez les natifs une LAN suivie d'une P600, et les violations d'accord déterminant-nom une P600 seule. Chez les apprenants ayant un haut niveau de compétence, toutes les violations provoquaient une P600, quel que soit le type d'entraînement. Les violations d'accord sujet-verbe provoquaient également une négativité pour les participants du groupe Explicite. Chez les participants du groupe Implicite ayant une faible performance sur le jugement de grammaticalité, les violations ne provoquaient aucune P600. Les participants du groupe Explicite avaient globalement une meilleure performance sur le jugement de grammaticalité, et la performance prédisait à son tour l'amplitude de la P600. Le type d'entraînement n'avait donc qu'une influence indirecte sur l'amplitude de la P600. Ces résultats montrent qu'un entraînement implicite même bref permet l'apparition d'une P600 chez certains apprenants, qui peuvent donc recruter des mécanismes similaires à ceux des natifs par le biais de ce type d'apprentissage.

Les expériences de Morgan-Short *et al.* (2010, 2012) ont été conduites avec Brocanto2. Quarante et un natifs de l'anglais n'ayant jamais été exposés aux langues romanes ont participé à l'étude. Après apprentissage du vocabulaire, les participants suivaient un entraînement initial selon leur groupe de traitement : implicite ou explicite. Le groupe Explicite recevait une instruction avec des explications métalinguistiques sur la structure du Brocanto, accompagné de 33 exemples significatifs. Le groupe Implicite ne recevait aucune explication et était seulement exposé à de nombreux exemples (les 33 exemples présentés au groupe Explicite ainsi que 94 exemples additionnels). Aucune traduction n'était donnée et la durée de cet entraînement initial était la même pour les deux groupes, soit en moyenne treize minutes et demi. La pratique commune était similaire à celle de Friederici (2002), excepté qu'elle s'effectuait contre l'ordinateur et non pas contre un autre participant. Les apprenants pratiquaient donc tour à tour la compréhension et la production de phrases en Brocanto. Dans les blocs de compréhension, ils devaient déplacer un pion sur l'écran selon l'instruction donnée en Brocanto. Dans les blocs de production, ils devaient décrire un mouvement visionné à l'écran. Compréhension et production alternaient tous les deux blocs. Les participants recevaient un feedback immédiat, leur indiquant uniquement si leur réponse était correcte ou non, et leur score était augmenté ou réduit de dix points. Lorsque les participants avaient atteint un niveau de compétence suffisant, c'est-à-dire lorsque leur performance était meilleure que le hasard lors de deux blocs consécutifs, le premier enregistrement en EEG était réalisé. Pendant cet enregistrement, les participants devaient juger de la grammaticalité de nouvelles phrases dont la moitié comportait une violation des règles de Brocanto2 : violation d'ordre des mots dans Morgan-Short *et al.* (2012) et violation d'accord

de genre dans [Morgan-Short et al. \(2010\)](#). Les participants revenaient ensuite pour une deuxième session expérimentale, lors de laquelle ils suivaient à nouveau l'entraînement initial spécifique à chaque groupe, puis une deuxième phase de pratique commune similaire à celle de la première session mais avec de nouvelles phrases. Ils revenaient enfin pour une dernière session lors de laquelle ils complétaient les derniers blocs du deuxième entraînement jusqu'à atteindre une performance supérieure à 80 %. Un deuxième enregistrement EEG était alors réalisé. La performance comportementale finale était similaire dans les deux groupes. Au niveau des potentiels évoqués, les auteurs ont observé lors du premier EEG une N400 en réponse aux violations d'ordre des mots ([Morgan-Short et al., 2012](#)) uniquement chez le groupe ayant suivi un entraînement implicite, aucun effet n'ayant été relevé chez le groupe Explicite. Lors du deuxième EEG, ces violations engendraient chez les participants du groupe Implicit une négativité antérieure suivie d'une P600, combinaison biphasique généralement observée chez les natifs en réponse à ce type de violation, alors que les réponses des participants du groupe Explicite comprenaient une positivité suivie d'une P600. Les violations d'accord de genre [Morgan-Short et al. \(2010\)](#) induisaient le même type de réponses que les violations d'ordre des mots lors du pré-test : une N400 chez les participants entraînés de manière implicite, et rien chez les participants ayant été exposés aux règles. Lors du post-test, donc à haut niveau de compétence, les violations d'accord de genre entre nom et adjectif provoquaient une N400 pour les participants des deux groupes. Les violations entre déterminant et nom, en revanche, engendraient une P600 pour les participants. Les auteurs concluent de ces résultats que, s'il est possible d'atteindre la même maîtrise au niveau comportemental quel que soit le type d'entraînement suivi, ce type d'entraînement façonne la neurocognition de la L2. Il semble que seul un entraînement de type implicite permette d'atteindre des réponses en potentiels évoqués — et donc un traitement neurocognitif — similaires à celles des natifs, et ce quel que soit le niveau de compétence des apprenants. Cependant, il y a également une interaction avec le type de structure linguistique : les conditions d'apprentissage ont eu un effet différentiel sur les réponses aux violations d'ordre des mots, mais pour les violations d'accord de genre dans [Morgan-Short et al. \(2010\)](#).

Un effet du type d'entraînement ? Ces quelques études ont donc obtenu des résultats contradictoires. Certaines n'observent pas d'effet de l'entraînement : [Batterink et Neville \(2013b\)](#) pour des violations de l'accord de nombre, l'accord sujet-verbe et de l'ordre des mots ; et [Morgan-Short et al. \(2010\)](#) pour des violations d'accord de genre à haut niveau de compétence. Dans ces études, ce qui semble déterminer la nature des réponses relève davantage d'autres facteurs vus plus hauts : la compétence dans la L2 et la similarité de la structure cible avec la L1.

Cependant, l'étude de [Morgan-Short et al. \(2010\)](#) montre que le type d'entraîne-

ment peut avoir une incidence dès le début de l'apprentissage, puisque des réponses différentes sont observées après seulement quelques blocs d'entraînement. De plus, Morgan-Short *et al.* (2012) et Carpenter (2008) montrent bien une influence des conditions d'apprentissage sur les violations d'ordre des mots, à haut et bas niveau de compétence. La différence avec les résultats de Batterink et Neville (2013b) sur le même type de violations vient peut être du fait que, d'une part, l'entraînement pour Brocanto2 était plus long et plus abouti, conduisant peut être à un plus haut niveau de compétence, et d'autre part l'entraînement implicite de Batterink et Neville (2013b) n'était pas basé sur une pratique de la grammaire essentielle à la tâche, ce qui a pu conduire les participants à moins prêter attention à la structure des phrases.

Plusieurs expériences montrent donc que seul un entraînement implicite peut mener à l'apparition d'un motif biphasique complet en potentiels évoqués en réponse à des violations syntaxiques (Morgan-Short *et al.*, 2012). À un haut niveau de compétence, les entraînements implicite et explicite peuvent mener à des effets P600 (Morgan-Short *et al.*, 2015a). Les conditions d'apprentissage peuvent aussi interagir avec le type de structure (Morgan-Short *et al.*, 2010) et donc peut-être sa similarité avec la L1, de même qu'avec les différences individuelles de capacités en mémoire déclarative et mémoire procédurale (Carpenter, 2008). La différence principale observée entre les types d'entraînement avec des langues artificielles et miniatures est que l'entraînement implicite peut mener à l'observation d'une négativité antérieure, mais pas l'entraînement explicite, qui a plutôt tendance à provoquer l'apparition d'une positivité. Cette différence est également régulièrement observable entre apprenants et natifs : la présence de la négativité antérieure chez les apprenants n'est pas systématique, et est associée à un très haut niveau de compétence qui implique que certains mécanismes implicites sont probablement en place. Une grande partie de ces résultats a été obtenu avec des langues totalement (ex. Brocanto, Brocanto2) ou partiellement (ex. mini-nihongo) artificielles, dans quelques cas avec des langues miniatures. Ces résultats peuvent-ils être étendus aux langues naturelles ?

4.3.3 Langues artificielles et langues miniatures : les résultats peuvent ils être étendus à des langues naturelles ?

Le recours à des langues artificielles pour étudier l'acquisition de la L2 et l'effet des conditions d'apprentissage sur son état final est extrêmement utile et pertinent. En effet, il permet de contrôler les connaissances préalables, mais de tout de même avoir une fenêtre d'observation sur la totalité du développement : on peut dans l'espace d'une seule expérience, en quelques jours, passer d'un état zéro, où le participant n'a aucune connaissance de la langue, à un état final, où le participant possède une excellente maîtrise de cette L2 artificielle (Carpenter, 2008; Friederici,

2002; Morgan-Short *et al.*, 2010, 2012). De plus, les langues artificielles permettent de contrôler très précisément l'input et ce que l'on en sait (Godfroid, 2015) et d'en moduler des aspects spécifiques (le ratio type / token par exemple).

Les réponses en potentiels évoqués provoquées par des violations en langue artificielle sont qualitativement similaires à celles obtenues avec des langues naturelles. Afin de vérifier la validité des résultats en langues artificielles, Ettlinger *et al.* (2016) ont examinés les liens entre l'apprentissage d'une L2 naturelle, l'espagnol, et la performance sur une tâche d'apprentissage de langue artificielle, tout en prenant en compte le quotient intellectuel des participants. Leurs résultats montrent que le succès sur une tâche d'apprentissage de langue artificielle, particulièrement si celle-ci est complexe, est corrélé positivement aux indices d'apprentissage d'une L2, même lorsque le QI est contrôlé. De plus, Morgan-Short *et al.* (2015a) montrent que les mêmes régions du cerveau sont impliquées dans le traitement des langues artificielles et naturelles : les mêmes régions que pour la langue maternelle sont recrutées à haut niveau de compétence, et des régions additionnelles associées au traitement extralinguistique sont activées lorsque la compétence est faible.

Cependant, les degrés de validité écologique entre grammaires artificielles, langues artificielles miniatures, langues semi-artificielles et langues miniatures varient grandement. Godfroid (2015) relève également que les langues artificielles tendent à augmenter la proéminence des formes cibles, particulièrement lorsque des morphèmes artificiels sont inclus dans des phrases en langue naturelle. Dans ces cas-là, la saillance de ces morphème peut influencer et potentiellement modifier les processus cognitifs qui sous-tendent le traitement du langage naturel. Les études avec des langues artificielles peuvent bien apporter des éléments importants pour les théories d'acquisition, mais seulement dans certaines conditions qui dépendent du degré auquel la langue artificielle capture les composantes linguistiques essentielles, sa complexité, ou encore l'accent qui est mis sur la compréhension du sens. Madlener (2015) note que ces études sont rarement généralisables à la classe de L2, et ne peuvent pas véritablement motiver la pédagogie — mais cela est en réalité le cas de toutes les expériences en laboratoires. Celles-ci se déroulent en effet dans un contexte particulier favorisant une attention sélective et la motivation, avec un apprentissage plus contrôlé introduisant par conséquent un biais vers l'apprentissage explicite, et un degré de contrôle des variables bien plus grand que dans une classe.

Le recours à des langues artificielles est utile et fonctionne bien. Cependant, pour confirmer ces résultats, il est nécessaire de les répliquer avec des langues naturelles complexes, qui incluent d'autres paramètres sur lesquels l'apprenant doit concentrer son attention. D'autre part, toutes ces études s'intéressent à un apprentissage partant de zéro. Si cette solution est idéale pour contrôler l'input auquel les participants sont exposés, il est intéressant d'étudier également ce qu'il se passe lorsque ceux-ci sont en cours d'apprentissage, et qu'ils ont déjà certaines connaissances de leur L2.

Cela permet d'inclure des phénomènes linguistiques plus complexes, et surtout de les intégrer dans des contextes linguistiques plus complexes et donc plus écologiques. Les conditions d'apprentissage peuvent-elles encore faire une différence sur la nature des processus cognitifs recrutés lorsque les apprenants ont déjà commencé leur apprentissage ?

4.4 Synthèse et motivation des expériences de cette thèse

Nous avons vu dans cette partie que les résultats des expériences testant les effets d'entrainements implicites et explicites sur l'apprentissage d'une deuxième langue ne sont pas tous concordants. Il apparaît nécessaire de prêter une attention particulière au paradigme et aux mesures utilisées pour évaluer l'efficacité de ces entraînements et éviter le biais fréquent en faveur de l'[apprentissage explicite](#).

4.4.1 Observations

La plupart des études ont recours à des langues artificielles, semi-artificielles ou miniatures. Il est nécessaire d'étendre ces résultats à des langues naturelles, comme cela commence à être fait, par exemple pour l'[apprentissage implicite](#) de l'allemand dans [Godfroid \(2015\)](#).

D'autre part, toutes ces études partent du stade initial de l'apprentissage de la L2. Si cela est excellent pour contrôler l'[input](#) auquel les participants sont exposés, l'apprentissage d'une L2 naturelle est très long et influencé par de nombreux facteurs. Par exemple, l'apprentissage de l'anglais à l'âge adolescent ou adulte en France part rarement de zéro, du fait de l'instruction faite en classe avant la sixième dans de nombreux cas, de l'exposition possible à la langue via la télévision ou une baby-sitter, ou même à travers la publicité qui fait de plus en plus appel à des slogans en anglais. Le type d'entrainement peut-il encore faire la différence lorsque des connaissances préalables de la langue sont présentes ?

De plus, si la similarité de la structure cible entre première et deuxième langue est un facteur crucial dans la maîtrise de la L2 et la nature des réponses en potentiels évoqués observées, ce facteur n'a pas beaucoup été pris en compte dans les études examinant les effets des conditions d'apprentissage, ou alors de manière discutable. Ainsi, [Batterink et Neville \(2013b\)](#) présentent leurs violations comme ayant différent degrés de similarité entre la L1 (anglais) et la L2 (français) de leurs participants : l'ordre des mots est considéré comme similaire, l'accord en nombre entre déterminant et nom comme ayant des similarités de surface, mais l'accord sujet-verbe comme n'ayant pas de similarité entre les deux langues. La conjugaison du français est certes plus riche que celle de l'anglais, notamment à l'écrit, mais la violation proposée est

une violation de nombre (troisième personne du singulier contre troisième personne du pluriel) qui influence la forme du verbe en français et en anglais de manière tout à fait semblable. Davantage d'études sont donc nécessaires pour examiner l'influence des conditions d'apprentissage sur l'acquisition de structures différent en L1 et L2.

D'autre part, dans un grand nombre d'études, l'**apprentissage implicite** est conçu simplement comme l'absence de règles explicites : comme le relèvent [Morgan-Short et al. \(2010, 2012\)](#), cet entraînement propose plutôt quelque chose de moins que quelque chose de différent. Il semble essentiel de contrôler l'apport qui est fait dans chaque entraînement et de réfléchir à équilibrer au mieux les deux types de traitement.

Un problème clef dans la recherche sur les processus explicites et implicites mobilisés par l'acquisition de la L2 est la question des mesures utilisées, qui dans de nombreux cas biaissent les résultats en faveur de l'**apprentissage explicite**. L'apport de nouvelles mesures telles que les potentiels évoqués est ici considérable : l'**EEG** permet de récolter des données sans nécessairement orienter l'attention du participant vers la grammaire de manière explicite. Cependant, même les expériences utilisant des techniques telles que l'**EEG** ou l'**IRMf** ont souvent un biais vers l'utilisation des **connaissances explicites**, ce qui renforce l'importance du protocole de la tâche expérimentale ([Andringa et Rebuschat, 2015](#)). En effet, l'utilisation d'un jugement de grammaticalité *pendant* l'enregistrement des données **EEG** ne semble pas idéal, et peut encourager la mobilisation de **connaissances explicites** en temps réel afin de juger la grammaticalité des phrases, et ce malgré la présence d'une limite de temps pour la réponse (voir [3.3.1.1, p. 58](#)) — comme c'est le cas dans le cadre d'un jugement de grammaticalité uniquement comportemental. Il serait donc utile de faire appel à une autre tâche durant l'acquisition des données **EEG**, contrairement à ce qui a été fait dans les études en potentiels évoqués sur l'**apprentissage implicite**.

On pourrait considérer que le paradigme même de la violation en **EEG** biaise les résultats vers un **apprentissage explicite**. Si ce paradigme est indispensable à l'étude des mécanismes de traitement de la morphosyntaxe, il est intéressant de tenter d'approcher l'apprentissage de la L2 par un paradigme moins explicite : celui de l'anomalie syntaxique temporaire, tel que présent dans les phrases contenant des *garden-paths*¹³. Peu d'études ont été réalisées sur les effets provoqués par les *garden-paths* en L2. Celles-ci montrent la capacité des apprenants très avancés à utiliser les mêmes indices prosodiques que les locuteurs natifs pour résoudre les ambiguïtés ([Nickels et Steinhauer, 2018](#)), mais qu'en est-il des apprenants intermédiaires ?

13. Les phrases conduisant à des effets de *garden-path* contiennent une ambiguïté structurelle temporaire qui conduit le locuteur à d'abord interpréter la phrase de façon erronée. L'exemple le plus classique est celui de [Bever \(1970\)](#) : « *The horse raced past the barn fell* ». Au moment où « *raced* » est rencontré, le locuteur l'interprète comme le verbe principal de la phrase. Cependant, la présence de « *fell* » conduit à une réanalyse de « *raced* » comme un participe-passé : « *The horse that was raced past the barn fell* ». Le traitement des phrases *garden-path* est détaillé dans le Chapitre 9, Section 9.1.1.1.

diaires ? D'autre part, il n'existe à notre connaissance aucune étude examinant les effets d'entrainements sur la résolution d'ambigüités syntaxiques et la prédiction de structure syntaxique en temps réel, encore moins en potentiels évoqués.

4.4.2 Questions de recherche générales

De ces observations découlent plusieurs questions générales qui ont guidé ce travail de recherche.

1. Peut-on reproduire les résultats obtenus en langues artificielles sur du langage naturel, en partant non pas d'un état zéro mais d'un état intermédiaire dans lequel l'apprenant a certaines connaissances de la L2 ?
 - (a) Les réponses électrophysiologiques peuvent-elles dans ce cas toujours être modifiées par l'entrainement ?
 - (b) Les entrainements explicite et implicite peuvent-ils toujours avoir un effet différent sur ces réponses ?
2. L'entrainement implicite peut-il suffire à progresser sur la détection des erreurs même quand la structure fonctionne de manière conflictuelle en L2 et en L1 ?
3. Quels types de connaissances sont développés par ces entrainements chez des participants ayant déjà une connaissance explicite de certains aspects de la langue ?
4. Peut-on étendre ces résultats en utilisant un paradigme moins biaisé vers l'apprentissage explicite ? C'est-à-dire :
 - (a) Peut-on entraîner des apprenants à utiliser des indices prosodiques en L2 pour prédire la structure syntaxique des phrases en temps réel et résoudre les ambigüités temporelles ?
 - (b) Un apprentissage explicite a-t-il dans ce cas un effet plus bénéfique ?

Afin de tenter de répondre à ces questions, deux expériences ont été réalisées. La première (Partie II) examine plus particulièrement les questions 1, 2 et 3, en s'intéressant à l'acquisition de la morphosyntaxe et plus précisément d'un élément problématique pour les francophones : la morphologie du passé lorsque des auxiliaires sont impliqués, soit dans des questions polaires au *prétérit* et au *present perfect*. Cette expérience vise à reproduire le type d'entrainement effectué avec des langues artificielles avec une langue naturelle dans laquelle les participants ont déjà un niveau intermédiaire, en utilisant pendant l'EEG une tâche moins explicite qu'un jugement de grammaticalité.

La deuxième expérience (Partie III) vise plus particulièrement à éclairer les questions 1 et 4. À l'aide d'un paradigme incluant non pas des violations strictes mais des ambigüités temporelles ou des incongruités prosodiques, elle s'intéresse à la prédiction de la structure syntaxique en temps réel par des apprenants intermédiaires et

à l'utilisation d'indices prosodiques pour résoudre les ambiguïtés, ce que font les locuteurs natifs (Nickels *et al.*, 2013) et les apprenants avancés (Nickels et Steinhauer, 2018). Elle vise également à examiner l'efficacité d'entrainements pour améliorer cette utilisation.

Deuxième partie

Expérience 1 : Effets d'entrainements explicite et implicite et de la similarité L1-L2 sur l'acquisition d'une structure morphosyntaxique de l'anglais L2

Chapitre 5

Acquisition et traitement de la morphosyntaxe en L2

Sommaire

5.1 Acquisition de la morphosyntaxe en L2	102
5.1.1 Un ou deux mécanismes de traitement ?	102
5.1.2 Un déficit de compétence ou de performance ?	104
5.2 Plusieurs facteurs influencent le succès de l'acquisition de la morphosyntaxe	106
5.2.1 Différences individuelles	106
5.2.2 Propriétés de l'input	108
5.2.3 Similarité entre première et deuxième langue	110
5.3 La morphologie des temps avec l'auxiliaire en français et en anglais	112
5.3.1 Utilisation des temps et aspects pour le passé en français et en anglais	112
5.3.2 Comparaison syntaxique des auxiliaires et temps composés en anglais et français	113
5.3.3 Le problème de l'acquisition	124
5.3.4 Récapitulatif : la structure cible	128
5.4 Questions de recherche	129

Tout enseignant d'anglais a pu constater que, même après des années d'instruction, les étudiants francophones n'utilisent pas toutes les marques flexionnelles, et oublient par exemple fréquemment le *-s* de troisième personne. Les erreurs morphosyntaxiques sont persistantes dans la production des apprenants, même à un niveau très avancé, avec une très grande variabilité entre les individus. Toth (2000, p.174) remarque que, même dans des conditions optimales, certains facteurs comme

l'influence de la L1 ou la formulation d'hypothèses sémantiques erronées peuvent conduire à la production de formes non conformes à la cible :

(...) [T]he learnability problem for morphosyntax is such that, even under optimal conditions of input and explicit instruction, internal factors such as L1 transfer and incorrect semantic hypotheses may extend the appearance of nontargetlike structures well beyond the initial exposure to an L2 form.

De nombreuses études témoignent de cette persistance des erreurs morphosyntaxiques à un très haut niveau de compétence. Lardiere (1998) s'est intéressée au cas de Patty, une locutrice native du mandarin résidant aux États-Unis depuis 18 ans dans une situation d'immersion complète. Son étude montre la fossilisation de la grammaire de Patty et une absence quasi totale de production de l'accord (96 % d'omission du morphème régulier dans les contextes obligatoires), malgré une compétence syntaxique similaire à celle des natifs dans d'autres domaines et notamment les verbes à montée¹⁴. Dans l'analyse de son propre multilinguisme, Todeva (2010) rapporte que, même après avoir atteint une très grande compétence en L2, elle est toujours sujette à des omissions et substitutions d'allomorphes, et sa production de la morphologie flexionnelle de l'anglais n'est pas systématique. Gruter *et al.* (2012) ont testé des apprenants anglophones tardifs de l'espagnol à des niveaux très avancés, utilisant la langue dans leur activité professionnelle, sur leur maîtrise du genre grammatical, une structure n'existant pas dans leur langue maternelle. Les résultats montrent que la performance de ces participants est très bonne en compréhension sans pression de temps, mais que des erreurs persistent dans leur production. L'étude de McCarthy (2008) montre que la variabilité de performance dans l'accord de genre grammatical est moins grande chez les apprenants avancés qu'intermédiaires, mais que cette population utilise le masculin comme forme par défaut tant en production qu'en compréhension. Paradis *et al.* (2008) notent également que l'acquisition des morphèmes flexionnels, notamment la marque de troisième personne singulier (-s) et le morphème du passé en anglais (-ed), est plus problématique pour les apprenants d'une L2 que pour les enfants ayant des troubles du langage au niveau grammatical.

La performance des apprenants en production est donc très variable, même à un niveau avancé. Mais certains auteurs notent que ces difficultés s'étendent à la compréhension et aux jugements de grammaticalité (Clahsen *et al.*, 2010; Gruter *et al.*, 2012; McCarthy, 2008), ce qui suggère que les problèmes rencontrés par les apprenants ne sont pas liés uniquement à la production. Les difficultés de traitement morphosyntaxiques des apprenants s'observent aussi lors de tâches de perception en

14. Les verbes à montée impliquent le mouvement d'un argument d'une proposition subordonnée vers la proposition principale : par exemple, le sujet de la subordonnée devient le sujet syntaxique mais non sémantique d'un verbe à montée comme *seem* en anglais (*She seems to be happy.*).

temps réel, comme dans l'étude de Gruter *et al.* (2012) : les apprenants utilisent les indices de genre de manière moins efficace que les natifs, même pour des noms qui leurs sont familiers. Les auteurs ayant utilisé des jugements de grammaticalité en temps limité observent aussi des difficultés spécifiques avec des structures morphosyntaxiques comme l'accord sujet-verbe ou le cas, quelle que soit la langue maternelle des participants. McDonald (2000) a ainsi observé des difficultés similaires pour le traitement de l'accord sujet-verbe en anglais chez des locuteurs natifs de l'espagnol et du vietnamien. Dans l'étude de Sato et Felser (2008), des locuteurs de l'allemand, du japonais et du chinois étaient tous moins sensibles aux violations d'accord qu'à celles de cas en anglais, indépendamment de la présence ou absence de la structure dans leur L1. Des différences comportementales ont également été observées dans des expériences de lecture à son propre rythme (*self-paced reading*) (Jiang, 2004, 2007) et en eye-tracking (Keating, 2009). L'observation des potentiels évoqués révèle également des difficultés de traitement morphosyntaxique même chez des apprenants avancés. Par exemple, l'étude de Gillon-Dowens *et al.* (2010) s'est intéressée à des apprenants anglophones très avancés de l'espagnol ayant été exposés longtemps à leur L2 (une vingtaine d'années en moyenne). Les résultats étaient qualitativement similaires entre apprenants et natifs mais des différences quantitatives de latence et d'amplitude des réponses neuronales persistaient. Lorsque la structure cible avait un fonctionnement similaire en L1 et L2 (accord en nombre), la P600 des apprenants était précédée par une négativité plus précoce que celle des natifs. Dans le cas d'une structure spécifique à la L2 (accord de genre), les violations donnaient lieu à une négativité suivie d'une P600 proches de celles des locuteurs natifs lorsque cette violation d'accord se produisait au sein d'un même syntagme, mais uniquement à une P600 lorsque l'accord impliquait plusieurs syntagmes. Les auteurs interprètent ces résultats comme indiquant qu'un traitement de la morphosyntaxe similaire à celui des natifs est possible, mais que les effets de transfert peuvent persister même à un niveau de compétence et d'exposition très élevé. Dans Pélassier *et al.* (2017), nous montrons que des apprenants francophones avancés ayant séjourné un an en pays anglophone peuvent traiter l'accord sujet-verbe en anglais de manière qualitativement similaire à celle des natifs (performance équivalente au jugement de grammaticalité, présence d'une négativité précoce suivie d'une P600) mais que des différences persistent : la négativité précoce antérieure chez les natifs se transforme en négativité plus longue et étendue aux régions centrales et postérieures chez les apprenants.

Contrairement à d'autres aspects du langage comme le lexique ou même la syntaxe, la morphologie flexionnelle semble être particulièrement réfractaire à l'acquisition tardive en L2. Quelles sont les causes de ces difficultés ? Nous reviendrons tout d'abord sur un des grands débats en traitement et acquisition de la morphosyntaxe tant en L1 qu'en L2 : l'opposition entre les modèles postulant un seul mécanisme

de traitement pour les verbes réguliers et irréguliers et les modèles postulant deux mécanismes de traitement. Ce débat rejoint en effet celui des mécanismes d'acquisition : sont-ils associatifs ou font-ils appels à des règles ? Nous examinerons ensuite les deux approches principales du problème de l'acquisition de la morphologie en L2 : les difficultés des apprenants sont-elles dues à un déficit au niveau des mécanismes de traitement et de contrôle (déficit de performance) ou à un déficit au niveau des représentations mentales de la grammaire (déficit de compétence) ? Enfin, nous verrons que plusieurs facteurs peuvent avoir un effet sur l'état final du système de morphologie flexionnelle d'apprenants d'une L2 : des différences individuelles, les propriétés de l'**input** ou encore la similarité entre première et deuxième langue et la richesse morphologique de chacune.

5.1 Acquisition de la morphosyntaxe en L2

5.1.1 Un ou deux mécanismes de traitement ?

La manière dont les locuteurs natifs traitent la morphosyntaxe de leur langue en temps réel fait l'objet d'un débat particulier qui éclaire aussi le traitement morphosyntaxique en L2. Ce débat tient son origine dans l'étude du passé en anglais, et la différence entre les verbes réguliers, dont la forme passée peut être obtenue par une règle compositionnelle, et les verbes irréguliers, qui doivent nécessairement être appris en tant que forme complète. La question est donc de savoir si les locuteurs natifs traitent ces deux types de verbes de la même manière, au sein d'un seul système associatif, ou via deux systèmes incluant d'une part le stockage des formes entières et de l'autre la décomposition morphosyntaxique des formes verbales.

Dans les modèles comprenant un seul système, essentiellement issus du courant de pensée connexionniste, les verbes réguliers et irréguliers sont traités de la même manière (Rumelhart et McClelland, 1986). Ces modèles sont fondés sur l'observation que les verbes irréguliers suivent des motifs morphologiques qui ne sont pas arbitraires mais peuvent être regroupés en "familles" (ex. *cut/cut* et *put/put* ou *teach/taught* et *catch-caught*). Toutes les formes verbales du passé seraient donc traitées par des processus de mémoire associative fondés sur les représentations et similarités phonologiques et sémantiques, éliminant le besoin d'un niveau de représentation spécifiquement morphologique. Ces études s'appuient majoritairement sur des simulations (Seidenberg et Elman, 1999) qui montrent que ces associations suffisent pour produire les formes correctement fléchies des verbes au passé.

Les modèles à deux systèmes (ex. *Words and Rules*, Pinker et Ullman, 2002) postulent deux mécanismes séparés : les verbes réguliers sont composés en temps réel par l'application de règles, alors que les formes irrégulières sont stockées de manière entière en mémoire déclarative, et peuvent également être récupérées par

des associations phonologiques. Ce modèle est compatible et associé avec le modèle Déclaratif et Procédural de Ullman (2001a, 2004) : les verbes irréguliers sont conservés en mémoire déclarative alors que les formes régulières font appel à la mémoire procédurale pour le processus de composition. Dans cette théorie, la mémoire est partiellement associative et les deux systèmes fonctionnent en parallèle : une forme régulière *peut* toujours être conservée et récupérée en mémoire déclarative, selon la fréquence dans l'input ou les préférences du locuteur. Le soutien empirique pour ces modèles vient premièrement du fait que des effets de fréquence sont observés pour les verbes irréguliers alors que les résultats sont mitigés pour les verbes réguliers (voir Alegre et Gordon, 1999). Mais les principaux éléments en faveur de ce modèle sont issus d'études neuropsychologiques observant des dissociations à la suite de lésions cérébrales. Ainsi, les patients anomiques, ayant des difficultés à trouver leurs mots, sont plus performants avec les verbes réguliers qu'irréguliers et régularisent des verbes irréguliers (Tyler *et al.*, 2002; Ullman *et al.*, 1997), alors que les patients souffrant d'agrammatisme rencontrent plus de difficultés pour produire les formes régulières et pour flétrir des non-mots (Ullman *et al.*, 1997).

Cependant, une des principales critiques à l'encontre de ces modèles à deux systèmes est qu'ils sont essentiellement focalisés sur les effets de fréquence observés en anglais, mais que très peu de preuves existent que ce système s'applique à d'autres langues. Dans des langues comme le russe, aucun effet différent entre réguliers et irréguliers n'a été trouvé ni en L1 ni en L2 (voir Gor et Cook, 2010), et les données de ces langues supportent plutôt une gradation entre réguliers et irréguliers et donc les modèles à un seul système. Certains modèles hybrides comme le modèle à deux trajectoires (*dual-route model* ou *dual-access theory*) proposent que les deux systèmes — l'application des règles symboliques et la recherche et récupération en mémoire associative des formes fléchies — fonctionnent en parallèle, la production ou compréhension finale dépendant du réseau le plus rapide (Baayen *et al.*, 1997). Cette théorie est appuyée par des études en neuroimagerie. Par exemple, l'étude de Hickok et Poeppel (2004) a révélé l'existence de deux réseaux indépendants de traitement du langage : d'une part un trajet dorsal impliqué dans la décomposition phonologique et dans le traitement de la morphologie flexionnelle, et d'autre part un trajet ventral chargé du traitement sémantique. Le réseau dominant peut être différent en L2 et en L1. Les règles peuvent donc constituer une bonne description de la production des apprenants sans pour autant rendre compte des mécanismes d'apprentissage. L'étude de Kempe *et al.* (2010) montre qu'une plus grande variété de processus est à l'œuvre lors de l'acquisition d'une L2 que d'une L1 : des mécanismes s'appuyant sur la mémoire associative et d'autres reposant sur l'extraction de règles co-existent chez les apprenants adultes.

Si plusieurs mécanismes sont à l'œuvre en parallèle lors du traitement et de l'acquisition de la L2, ils peuvent ne pas être aussi efficaces l'un que l'autre et contribuer

aux difficultés morphosyntaxiques des apprenants. Ces difficultés peuvent être expliquées de deux manières. Elles peuvent soit se situer au niveau des représentations mentales — les apprenants n'ont alors pas la compétence nécessaire — soit être le résultat de problèmes de traitement ou d'accès à ces représentations.

5.1.2 Un déficit de compétence ou de performance ?

Certaines théories stipulent que les connaissances morphosyntaxiques et syntaxiques des apprenants sont bien intégrées, mais qu'ils rencontrent des problèmes pour associer la forme phonologique et la fonction syntaxique. En effet, plusieurs études montrent qu'il est possible pour des apprenants d'une L2 de traiter de nouvelles structures comme des locuteurs natifs : la différence entre voix passive et participe-passé en allemand (Weber et Lavric, 2008), l'accord de genre en espagnol (Alemán Bañón *et al.*, 2014) ou même des structures dans une langue artificielle telle que Brocanto ou Brocanto2 (Friederici, 2002; Morgan-Short *et al.*, 2010, 2012).

Si les représentations des apprenants sont similaires à celles des natifs, d'autres facteurs doivent expliquer leur performance très variable. McDonald (2006) a testé d'abord des apprenants et des locuteurs natifs sur les mêmes tâches : des mesures d'empan en **mémoire de travail** (ré-ordonner des items entendus par groupe de 3, 4, 5 ou 6), de décodage de la parole (deviner le plus rapidement possible un mot découpé en segments très courts), de rapidité de traitement (appuyer sur une touche lorsqu'un mot particulier est entendu) et de jugement de grammaticalité. Sans surprise, les apprenants étaient moins performants que les natifs sur toutes les tâches. Ils rencontraient également plus de difficultés pour certaines structures morphosyntaxiques comme la morphologie du passé que pour d'autres points de syntaxe comme l'ordre des mots. McDonald et ses collègues ont ensuite testé des locuteurs natifs soumis à des conditions de stress : plus ou moins de chiffres à retenir en **mémoire de travail**, bruit blanc ajouté dans la tâche de décodage, pression de temps pour répondre à la tâche de détection du mot ou parole compressée. Dans ces conditions, les locuteurs natifs avaient une performance similaire à celle des apprenants, avec des déficits de jugement sélectifs : des structures telles que la morphologie du passé étaient plus vulnérables que d'autres telles que l'ordre des mots. Cette étude suggère donc que les erreurs observées chez les apprenants seraient le résultat de difficultés d'accès, de récupération ou de contrôle des connaissances, à cause d'une capacité de décodage inférieure à celle des natifs, d'un traitement plus lent, et/ou d'une limitation des ressources cognitives et notamment d'une plus faible capacité de **mémoire de travail** en L2. Un des problèmes principaux des théories de la performance est l'observation que les difficultés des apprenants avec la morphosyntaxe ne se limitent pas à la production mais s'étendent à la compréhension : les apprenants n'utilisent pas toujours les indices morphosyntaxiques présents dans l'**input** pour interpréter celui-ci.

Certaines théories (celle de l'intégration sélective des connaissances linguistiques de Jiang, 2007 ou l'hypothèse de la Structure Syntaxique Creuse de Clahsen et Felser, 2006) estiment donc que les difficultés auxquelles les apprenants font face vont au-delà d'un problème de traitement en temps réel et impliquent l'état de leurs représentations mentales. Les connaissances morphologiques sont considérées comme n'étant pas complètement acquises : elles peuvent exister (et potentiellement être parfaitement exprimées dans une tâche métalinguistique hors-ligne) mais ne sont pas intégrées, et pas utilisées en parole spontanée. Par exemple, l'expérience de McCarthy (2008) montre que des apprenants L2 avancés adoptent souvent le masculin comme forme par défaut au lieu de l'accord de genre correct : les auteurs interprètent cela comme un déficit dans les représentations au niveau morphologique. En revanche, Alemán Bañón *et al.* (2017) n'ont pas trouvé d'adoption excessive des défauts masculins chez leurs participants avancés qui, comme ceux de Gruter *et al.* (2012), font peut d'erreurs d'inconstances : les violations d'accord sont dues à une mauvaise représentation lexicale du genre, c'est-à-dire à une représentation mentale de mots féminins comme masculins et vice-versa. Pour les théories postulant un déficit de compétence, les occurrences d'utilisation correcte de la morphologie flexionnelle chez les apprenants seraient uniquement dues à leur utilisation de connaissances explicites. La notion de compétence est comprise comme la capacité à utiliser une structure correctement en parole spontanée sans y prêter attention et sans recourir à des connaissances explicites. Selon les différents modèles, ce problème de représentations mentales s'applique soit à l'intégralité de l'acquisition de la L2, soit seulement aux stades initiaux.

Les études neurocognitives récentes (voir Roncaglia-Denissen et Kotz, 2016) tendent à soutenir des modèles de déficit de la compétence, du moins au début de l'apprentissage de la L2. Cependant, comme nous l'avons vu plus haut (voir 2.1.3), une meilleure maîtrise de la L2 est accompagnée par le développement et l'importance croissante de la mémoire procédurale, ce qui se traduit par une internalisation des règles et une utilisation des indices morphosyntaxiques plus similaire à celle des natifs. Selon Steinhauer (2014), les études en potentiels évoqués bien contrôlées vont également dans le sens de cette hypothèse de la convergence : les mécanismes de traitement entre L1 et L2 sont différents au départ puis deviennent de plus en plus semblables à mesure que le niveau de compétence des apprenants augmente. Mais même à des niveaux de compétence très élevés, des erreurs persistent. Les difficultés des apprenants varient entre les individus mais aussi entre les structures, et plusieurs facteurs semblent avoir un impact sur la maîtrise du système flexionnel d'une L2, allant de différences individuelles de capacités cognitives aux conditions d'exposition ou à la similarité entre les deux langues de l'apprenant.

5.2 Plusieurs facteurs influencent le succès de l'acquisition de la morphosyntaxe

5.2.1 Différences individuelles

5.2.1.1 Compétence et exposition

La compétence est parfois invoquée contre l'idée de période critique pour expliquer les différences observées entre apprenants et natifs. Certains la considèrent comme plus influente que l'âge d'acquisition sur le traitement morphosyntaxique (Bowden *et al.*, 2013; Ojima *et al.*, 2005) et sur les réponses neuronales aux incongruités grammaticales (Roncaglia-Denissen et Kotz, 2016). En effet, les bilingues précoces et tardifs semblent activer les mêmes aires cérébrales pour leurs deux langues lorsque leur compétence est suffisamment élevée (voir Roncaglia-Denissen et Kotz, 2016). Qu'elle soit plus importante que l'âge d'acquisition ou non, la compétence globale en L2 est bien évidemment liée à la maîtrise de la morphosyntaxe : les apprenants ayant un niveau plus élevé sont plus sensibles aux violations morphosyntaxiques (Ojima *et al.*, 2005; Rossi *et al.*, 2006; Sagarrà et Herschensohn, 2010; Tanner *et al.*, 2009). Mais plus que la compétence langagièrre globale, la compétence spécifique à la structure cible influence les réponses à un jugement de grammaticalité et les réponses en potentiels évoqués. Par exemple, dans White *et al.* (2012), la compétence spécifique à la structure (morphologie du passé) déterminait l'amplitude de la P600. Caffarra *et al.* (2015) notent que la P600 est influencée par la capacité à détecter explicitement les anomalies grammaticales, alors que la LAN dépend plus particulièrement de la durée de l'immersion. La durée d'exposition naturelle à la L2 joue en effet un grand rôle dans la maîtrise de la morphosyntaxe. Dans une expérience de lecture à son propre rythme, Pliatsikas et Marinis (2012) ont ainsi montré que les participants ayant été exposés à la L2 dans un contexte naturel (en immersion) avaient un traitement plus proche de celui des natifs que les apprenants ayant eu une exposition en classe uniquement. C'est également ce que montre la série d'expériences réalisées par Morgan-Short et ses collègues (Morgan-Short *et al.*, 2015a, 2010, 2012) : le type d'exposition à la L2 influence le type de mécanismes recrutés pour la traiter (voir Chapitre 4 Section 4.3.2, p. 84). De manière générale, plus le temps d'exposition est long, meilleure est la maîtrise de la L2 en général et de la morphosyntaxe en particulier (Gillon-Dowens *et al.*, 2010; Gruter *et al.*, 2012). Il est cependant difficile de distinguer de manière fiable les effets de l'exposition de ceux de la fréquence, les deux facteurs étant généralement confondus.

5.2.1.2 Capacités de mémoire

Plusieurs études s'intéressent également au rôle des aptitudes dans les différents types de mémoire pour expliquer la variabilité observée entre les apprenants dans la maîtrise de la morphosyntaxe. Comme les locuteurs natifs, les apprenants ont besoin de bonnes capacités de **mémoire verbale** pour maintenir en **mémoire de travail** des représentations linguistiques formelles pendant plusieurs syllabes ou mots afin de pouvoir interpréter correctement les phrases. [Brooks et al. \(2006\)](#) soulignent que les besoins en **mémoire de travail** sont plus grands pour apprendre, extraire et intégrer les indices syntaxiques signalant les rôles grammaticaux sur des longues distances (par exemple pour l'ordre des mots ou l'accord entre sujet et verbe) que pour apprendre les indices locaux (par exemple l'accord entre déterminant et nom). Or, les apprenants en **L2** ont plus de mal avec les processus syntaxiques impliquant des dépendances longue-distance ([Felser et al., 2003](#)). [Ellis et Schmidt \(1997\)](#) notent d'ailleurs que les capacités de mémorisation à court et à long terme prédisent le score à un jugement de grammaticalité mais uniquement pour les phrases contenant des dépendances longue-distance (non locales). La **mémoire verbale** est réduite en **L2** par rapport à la **L1** ([McDonald, 2006](#)), ce qui explique ces difficultés particulières. De plus, les capacités de **mémoire de travail** varient grandement entre les apprenants, ce qui contribue à la variabilité des performances observées ([Hilton, 2006](#)). [Brooks et al. \(2006\)](#) rappellent également que l'allocation de ressources attentionnelles est cruciale pour pouvoir traiter plusieurs tâches en même temps, ce qui est nécessaire pour la compréhension du langage. Ainsi, plus un individu peut maintenir de représentations actives en **mémoire de travail**, mieux il peut détecter et comparer les motifs sous-jacents. La composante exécutive de la mémoire de travail verbale pourrait donc également être impliquée dans les différences de performance entre les apprenants. En outre, le niveau de compétence peut également interagir avec les capacités cognitives : l'expérience de [Morgan-Short et al. \(2014\)](#) montre que les capacités en **mémoire déclarative** prédisent le développement de la **L2** aux stades initiaux de l'apprentissage alors que les capacités en **mémoire procédurale** sont liées à la performance dans les stades finaux, ce qui concorde également avec les prédictions du modèle Déclaratif / Procédural. Les auteurs notent que la **mémoire déclarative** et la **mémoire procédurale** expliquent une grande partie de la variance observée dans la performance de leurs apprenants ayant atteint une compétence élevée dans la langue artificielle de l'expérience. Ces capacités peuvent également interagir avec le type d'**input** : l'étude de [Brill-schuetz et Morgan-Short \(2014\)](#) montre que de meilleures capacités de **mémoire procédurale** conduisent à de meilleures performances au jugement de grammaticalité après un entraînement proposant une exposition implicite à la langue artificielle. Outre la mémoire, les capacités cognitives générales telles que reflétées par les EEG quantitatifs au repos prédisent bien la vitesse d'apprentissage d'une seconde langue ([Prat et al., 2016](#)).

Ces différences individuelles peuvent jouer un rôle important et moduler les effets des autres paramètres expérimentaux. Dans notre étude, la compétence, la quantité de l'exposition à la L2 et l'âge d'acquisition sont contrôlés via les critères d'inclusion des participants. D'autres facteurs entrent également en jeu dans la maîtrise de la morphosyntaxe et peuvent faire l'objet de manipulations expérimentales, notamment les propriétés spécifiques à l'**input**.

5.2.2 Propriétés de l'input

5.2.2.1 Complexité de la structure

Certaines structures semblent plus difficiles à apprendre que d'autres : par exemple, le système casuel des pronoms en anglais paraît poser moins de difficultés que le passé, quelle que soit la langue maternelle de l'apprenant (Sato et Felser, 2008). Selon DeKeyser (2005), trois facteurs influencent la difficulté d'apprentissage d'une structure grammaticale :

- La complexité de la forme.
- La complexité du sens.
- La complexité de la relation entre forme et sens, c'est-à-dire la transparence de cette relation et l'importance de la forme pour interpréter le sens.

La complexité de la forme peut être définie de plusieurs manières (voir Housen *et al.*, 2005). L'approche psycholinguistique associe complexité avec difficulté de traitement et d'acquisition. Une définition linguistique, en revanche, prend en compte la dimension structurelle : une structure est plus complexe si elle implique plusieurs constituants, des dérivations à partir d'une structure originelle, ou des éléments marqués plutôt que les éléments par défaut. Une autre possibilité est de comprendre la complexité comme fonctionnelle : dans ce cas, elle sera due à la multiplicité des correspondances possibles entre forme et fonction et à la distance entre les deux éléments liés par une dépendance. Ainsi, si un morphème a plusieurs allomorphes ou s'il est homophone avec d'autres morphèmes grammaticaux, comme c'est le cas par exemple du -s de troisième personne singulier et du pluriel en anglais, la relation entre forme et sens sera plus complexe et plus difficile à établir — on rejoint là le troisième point soulevé par DeKeyser.

Toutes ces dimensions peuvent entrer en compte et contribuer à la complexité de la forme et donc à la difficulté de son apprentissage. Les études montrent que les apprenants tendent à ignorer les indices morphologiques, particulièrement au début de leur apprentissage (DeKeyser, 2005; Gor, 2010), pour se reposer sur des indices plus saillants et plus facilement interprétables comme des adverbes, d'autant plus si la relation forme-sens est complexe et peu saillante.

5.2.2.2 Type d'input

Le contenu de l'**input** lui-même peut avoir une incidence sur la maîtrise de la morphosyntaxe. Ainsi, le développement grammatical de l'apprenant est corrélé au développement lexical : posséder une masse suffisante de vocabulaire est indispensable pour avoir assez de données pour en extraire les régularités morphosyntaxiques ([Bates et Goodman, 1997](#)).

Comme détaillé dans la Partie 1 (voir Section 4.3.2 p. 84), le type d'**input** affecte aussi la maîtrise de la **L2** en général mais aussi de la morphosyntaxe en particulier. Par exemple, [Toth \(2000\)](#) estime que les gains en morphosyntaxe obtenus par ses participants sont dus à l'exposition journalière à la langue via la situation d'instruction. D'un autre côté, des mécanismes neurocognitifs différents et plus proches de ceux des natifs sont recrutés par les apprenants ayant été exposés à un **input** implicite ([Morgan-Short et al., 2010, 2012](#)). Nous renvoyons les lecteurs au Chapitre 4 Section 4.3.2 (p. 84) pour une revue détaillée des effets de l'**input** explicite et implicite sur la maîtrise de la **L2**.

Le facteur explicite / implicite peut également moduler l'effet d'autres facteurs de complexité ([Ellis, 2009b](#)). Les éléments qui font qu'une structure particulière est plus ou moins difficile à apprendre dépendent du type d'**input**. Si l'**input** est implicite, ces éléments sont : la fréquence de la structure, sa saillance, sa charge fonctionnelle (à quelle point cette structure est indispensable pour interpréter la phrase), sa régularité, et sa facilité de traitement. En revanche, si l'**input** est explicite, les facteurs cruciaux sont non seulement ceux liés à la complexité de la règle (saillance perceptive et charge communicative, contraste avec la règle correspondante en **L1**) mais aussi ceux affectant l'explication elle-même : clarté, intelligibilité et facilité à être mémorisée ([Housen et al., 2005](#)). Ainsi, on peut attribuer au passé régulier un score explicite élevé, puisque la règle de composition est simple à formuler et régulière (ajouter *-ed* au radical). En revanche, son score implicite est faible : la structure n'est pas saillante et sa charge fonctionnelle est réduite, puisque la temporalité est généralement établie à l'aide de d'adverbes ou d'autres locutions temporelles. À l'inverse, le placement des adverbes a un score explicite bas, la règle étant difficilement verbalisable, mais un score implicite haut puisque ces indices sont saillants. Il faut noter en revanche que le score implicite ou explicite d'une structure ne garantit pas que son acquisition sera meilleure dans le contexte correspondant : le passé régulier a beau avoir un score explicite élevé, son acquisition par l'instruction est loin d'être facile, rapide ou garantie. Selon la formulation de [Krashen \(1982\)](#), on aura donc des règles faciles à acquérir implicitement mais difficiles à apprendre explicitement (« *easy to acquire but hard to learn* ») et inversement. L'interaction entre le type d'**input** et la structure linguistique peut également être modulée par la compétence de l'apprenant, comme dans [Morgan-Short et al. \(2010\)](#), où ces trois facteurs influencent les réponses en potentiels évoqués.

Le type d'**input** (explicite ou implicite) et son contenu jouent donc un rôle important dans la maîtrise de la morphosyntaxe, et influencent également les mécanismes neurocognitifs recrutés pour traiter la **L2**. Ces observations donnent lieu à la première question de recherche guidant cette expérience :

QR 1 : Les entraînements de type explicite et implicite, visant à simuler les conditions d'apprentissage en instruction et en immersion, sont-ils efficaces chez des apprenants ayant déjà un niveau intermédiaire dans leur L2 ?

- Ces entraînements ont-ils le même effet et la même efficacité chez ces participants au niveau de la détection comportementale de violations morphosyntaxiques ?
- Ces entraînements peuvent-ils encore influencer différemment les processus neurocognitifs alors que les participants ont déjà des connaissances dans leur **L2** ?

Cette expérience vise ainsi à étendre les connaissances actuelles en matière d'influence du type d'entraînement sur le traitement morphosyntaxique en **L2** — connaissances essentiellement fondées sur des langues (semi-)artificielles — à une langue naturelle (l'anglais) et à des apprenants n'étant pas de vrais débutants. Les participants visés sont des apprenants tardifs de l'anglais ayant un niveau intermédiaire. La compétence spécifique à la structure pouvant, nous l'avons vu, moduler les résultats obtenus, celle-ci a été collectée au moyen de jugements de grammaticalité et de tests de connaissances métalinguistiques.

5.2.3 Similarité entre première et deuxième langue

Nous avons vu dans le Chapitre 2 Section 2.2.2 (p. 30) que les effets de transfert de la **L1** vers la **L2** sont attestés, notamment pour la phonologie ou le lexique. Ces effets peuvent également moduler la réussite de l'acquisition du système morphosyntaxique en **L2**. D'après le modèle de compétition de MacWhinney (2005a), les effets de transfert en morphosyntaxe seront principalement dus aux indices sur lesquels les apprenants s'appuient pour interpréter l'**input**. En effet, le modèle postule que l'apprentissage d'une seconde langue est issu de la compétition entre plusieurs signaux indiquant des correspondances forme-fonction : le signal qui « gagne » la compétition et qui est choisi pour interpréter le message est celui qui est le plus fort. Chez les adultes, la force du signal dépend surtout de sa fiabilité (signale-t-il toujours la même fonction ?) et de son importance pour l'interprétation (la même fonction est-elle signalée par d'autres indices, par exemple lexicaux ?). Au début de l'apprentissage, les signaux issus de la **L1** sont utilisés en priorité. Les indices les plus fiables et saillants de la **L2** sont appris et utilisés en premier pour l'interprétation.

Les expériences testant empiriquement ce modèle montrent que, lorsque les indices ne sont pas concordants (par exemple s'il y a une contradiction entre l'ordre des mots et les marqueurs grammaticaux pour déterminer l'agent et le patient d'une phrase), le temps de réponse est plus lent et le signal le plus fort est utilisé en premier. Au début de l'apprentissage, les apprenants utiliseront en priorité l'indice correspondant à leur L1 (par exemple l'ordre des mots si leur L1 est une langue analytique comme l'anglais).

De fait, les effets de transfert positif et négatif en morphosyntaxe sont reconnus. Plusieurs études ont montré que les apprenants peuvent transférer un système de surface congruent de la L1 vers la L2 : si les règles d'accord sont les mêmes par exemple, les réponses comportementales et en potentiels évoqués sont similaires chez les apprenants et les natifs (Bond *et al.*, 2011; Foucart et French-Mestre, 2010, 2012; Sabourin *et al.*, 2006). Les activations cérébrales sont également les mêmes lorsque les structures de surface sont équivalentes (Roncaglia-Denissen et Kotz, 2016). En revanche, lorsque les structures morphosyntaxiques sont conflictuelles entre L1 et L2, les apprenants rencontrent plus de difficultés, ont des réponses cérébrales différentes (Foucart et French-Mestre, 2010, 2012; Sabourin et Stowe, 2008; Tokowicz et MacWhinney, 2005) et obtiennent de moins bonnes performances à des jugements de grammaticalité (Tokowicz et MacWhinney, 2005). La similarité avec la L1 influence l'amplitude de la P600 (Bond *et al.*, 2011) mais aussi sa latence (White *et al.*, 2012). Par conséquent, le succès dans l'acquisition de la morphosyntaxe en L2 dépend également de la richesse morphologique des deux langues de l'apprenant (Gor, 2010) : si l'apprenant a pour L1 une langue morphologiquement riche comme le russe, il aura moins de mal à acquérir un système flexionnel fourni que quelqu'un ayant pour L1 une langue comme l'anglais, même si la complexité et la prédictibilité du paradigme flexionnel de la L2 auront également leur importance.

L'importance de l'effet de la L1 ne fait pourtant pas l'unanimité : certains insistent sur son rôle limité (Clahsen *et al.*, 2010; Sato et Felser, 2008). En effet, l'idée qu'il existe une trajectoire prédéfinie dans l'acquisition de la morphosyntaxe de la L2, avec des étapes par lesquelles tous les apprenants passent dans un ordre fixe, est considérée comme un « fait établi » par Hulstijn *et al.* (2015). De même, VanPatten et Williams (2015) estiment que la production des apprenants suit une trajectoire prévisible, et Ortega (2009) considère que des preuves existent que le transfert depuis la L1 ne peut pas changer radicalement l'ordre d'acquisition de la L2.

Cependant, même si l'évolution de la maîtrise de la L2 suit une trajectoire pré-établie, le transfert depuis la L1 peut jouer un rôle dans les difficultés rencontrées par les participants à un instant *t*, soit en facilitant l'acquisition d'une structure similaire, soit en donnant lieu à des interprétations erronées et en compliquant l'assimilation d'une structure conflictuelle. Ces effets de transfert peuvent eux-même

interagir avec le type d'**input**. Un **input** implicite va favoriser le transfert, du moins au début de l'apprentissage, dès que la situation le permet : en l'absence d'indications explicites, l'apprenant se repose d'abord sur le système qu'il maîtrise, soit celui de sa **L1**. À l'inverse, un **input** explicite peut attirer l'attention sur les aspects problématiques de la **L2** et notamment les cas où la structure cible est différente et où un transfert depuis la **L1** n'est pas profitable. Cette observation donne lieu à la deuxième question de recherche de cette expérience :

QR 2 : La similarité entre **L1 et **L2** de la structure cible interagit-elle avec l'efficacité du type d'entraînement (implicite ou explicite)**

- a. **sur le plan comportemental** (sur la détection des violations morphosyntaxiques) ?
- b. **sur le plan électrophysiologique** ?

Et, par conséquent, un entraînement implicite peut-il suffire lorsque la structure cible fonctionne de manière conflictuelle dans les deux langues de l'apprenant, ou un entraînement explicite attirant l'attention du participant sur les différences avec sa **L1** sera-t-il plus efficace ?

Pour examiner ces questions, nous nous intéressons à une structure qui permet de contraster la similarité **L1-L2** : la morphologie du passé régulier en présence d'un auxiliaire, en utilisant des questions polaires au *prétérit* et au *past perfect*.

5.3 La morphologie des temps avec l'auxiliaire en français et en anglais

5.3.1 Utilisation des temps et aspects pour le passé en français et en anglais

Comme noté par [Fung et Murphy \(2016\)](#), il n'y a pas de correspondance exacte entre les traits de temps et d'aspect de l'anglais et du français pour le passé. Les temps de l'anglais que nous utilisons dans l'expérience sont le *prétérit* et le *past perfect* ou *plus perfect*.

Le *prétérit* est considéré comme un temps « primaire » de l'anglais ([Huddleston et Pullum, 2002](#), p.125) en ce qu'il se définit simplement par sa relation à un autre temps : il pose l'événement comme antérieur au moment de l'énonciation. Si l'aspect est *perfectif*, c'est le temps de la situation en entier qui est localisé avant le moment de l'énonciation (« *He died of lung cancer* »); si l'aspect est *imperfectif*, seul un intervalle de temps est marqué comme antérieur (« *He already knew how to do it* »).

L'aspect parfait a comme sens fondamental une antériorité par rapport à un autre repère. Dans le *present perfect*, la situation est placée comme antérieure au moment de l'énonciation, mais non déictique (Huddleston et Pullum, 2002, p.140). Au *past perfect*, on a une double antériorité : l'action est antérieure au moment de référence qui est lui-même antérieur au moment de l'énonciation. L'aspect *perfect* peut également avoir une interprétation de continuation : le procès peut avoir commencé dans le passé mais se poursuivre au moment de l'énonciation, contrairement au prétérit.

En français, l'équivalent sémantique du prétérit est exprimé soit au passé composé, soit à l'imparfait. En effet, l'aspect composé a toujours une valeur d'accompli (Riegel et Rioul, 2004) et correspond à ce type de procès en anglais (« Il est mort d'un cancer du poumon »). L'équivalent au passé d'un évènement à l'aspect inaccompli est plutôt l'imparfait (« Il savait déjà le faire »). Le passé composé exprime non seulement l'aspect accompli mais également l'antériorité par rapport au moment de l'énonciation. Le plus-que-parfait est davantage similaire au *past perfect* : il situe le procès comme accompli par rapport à un repère temporel passé. Il est également plus proche de l'anglais en terme de forme, puisque plus-que-parfait et *past perfect* se forment tous les deux avec un auxiliaire au passé et un verbe principal au participe-passé.

5.3.2 Comparaison syntaxique des auxiliaires et temps composés en anglais et français

5.3.2.1 En anglais

Qu'est-ce qu'un auxiliaire ? Huddleston et Pullum (2002) définissent les auxiliaires comme une classe fermée de verbes utilisés comme marqueurs de temps, d'aspect, de mode et de voix, des catégories également exprimées par les flexions verbales. Les auxiliaires ont la même fonction et le même sens que les flexions mais sont réalisés comme des mots séparés. Greenbaum et Quirk (1990) distinguent les verbes primaires (*primary verbs*) BE, HAVE et DO des autres auxiliaires. Ces verbes primaires peuvent être utilisés comme verbe principal ou auxiliaire. En tant qu'auxiliaires, ils ont une fonction syntaxique en commun : ce sont des opérateurs lorsqu'ils sont les premiers verbes d'un syntagme verbal fini. DO est un opérateur lorsqu'il est auxiliaire (« *I don't like this* »), mais non pas lorsqu'il est utilisé comme verbe principal (« *Do the dishes!* »).

Propriétés principales des auxiliaires Les propriétés principales des auxiliaires sont regroupées dans l'acronyme NICE : Négation, Inversion, Code et Emphase. Ces propriétés les distinguent des verbes lexicaux et justifient leur classement en catégorie séparée.

La première propriété est la Négation : dans une proposition négative, le marqueur négatif est associé à un verbe primaire (Huddleston et Pullum, 2002). Le verbe doit être un auxiliaire — si la version positive correspondante de la proposition n'en contient pas, l'auxiliaire de soutien DO doit être ajouté. Le marqueur flexionnel peut généralement être combiné avec tous les auxiliaires¹⁵.

La deuxième construction typique est celle de l'inversion du sujet et de l'opérateur, dans laquelle le sujet apparaît après l'auxiliaire au lieu de sa position canonique avant le verbe. Dans ce cas, le verbe précédent le sujet est toujours dans une forme simple (présent ou préterit). Ce verbe doit être un auxiliaire : s'il n'y en a pas dans la version déclarative correspondante, l'auxiliaire DO doit être ajouté.

Les auxiliaires peuvent également être utilisés dans des contextes d'emphase, notamment DO : il y a une différence de sens entre « *I eat chocolate* » et « *I do eat chocolate* ». Lorsque l'auxiliaire est présent, c'est la polarité de la phrase qui est accentuée, alors que si l'accent tonique est sur le verbe « *eat* », l'emphase porte sur le syntagme verbal uniquement.

Les auxiliaires finis et non finis peuvent aussi se trouver dans des constructions elliptiques (voir Exemples 3 et 4 de Warner, 1993).

- (3) *John may come on Tuesday, but I don't think Paul will.*
- (4) *I'm going to call him back on Monday, as I am several other people.*

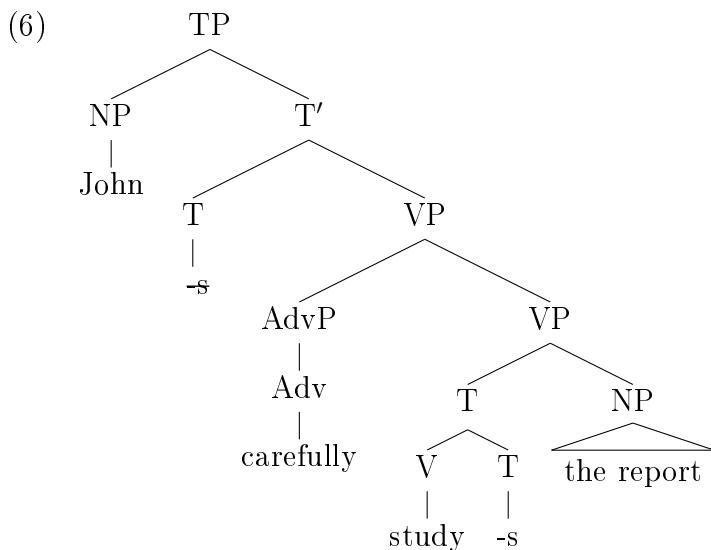
Les auxiliaires ont également des propriétés additionnelles justifiant de les intégrer à une classe particulière : ils possèdent des formes clitiques, et, contrairement aux verbes principaux, ils peuvent apparaître avant certains adverbes épistémiques (ex. *probably*) ou les adjoints de quantification (*each*, *every*, *all*) (Huddleston et Pullum, 2002; Warner, 1993).

Analyse syntaxique des auxiliaires Le problème principal de l'analyse syntaxique des auxiliaires concerne leur statut et leur représentation dans le syntagme verbal. Afin de pouvoir rendre compte de tous les éléments nécessaires à la description de notre structure cible, nous adopterons ici une représentation inspirée de la grammaire générative. Cela ne signifie pas que nous adhérons sans réserve à tous les principes de cette théorie ni à la réalité psycholinguistique des opérations qu'elle décrit, qui est largement controversée. Cependant, cette représentation syntaxique est la seule à explicitement décrire la présence de l'accord et du temps, ce qui nous paraît indispensable pour une description complète de la structure cible utilisée dans notre expérience et pour comparer au mieux cette structure avec la structure équivalente en français.

15. Warner (1993) note cependant que certaines formes comme *mayn't* or *shan't* ne sont pas acceptées dans tous les dialectes.

Dans l'analyse générative classique, l'auxiliaire est distinct du verbe principal mais construit de manière similaire. Dans les analyses actuelles, une proposition comporte un constituant TP, le syntagme flexionnel dans lequel sont instanciées les marques de temps et de modalité. TP a comme spécificateur le sujet de la proposition et comme complément le syntagme verbal (VP). Puisque un adverbe est toujours placé à gauche du verbe fléchi mais à droite d'un auxiliaire (Exemple 5 d'après Sportiche *et al.*, 2013, p.207), ce n'est pas le verbe du nœud V qui monte vers le T, auquel cas le verbe apparaîtrait à gauche de l'adverbe, mais le T qui descend vers le V : il y a un mouvement de T vers V (appelé également *affix-hopping*, voir Arbre 6 adapté de Sportiche *et al.*, 2013, p.207).

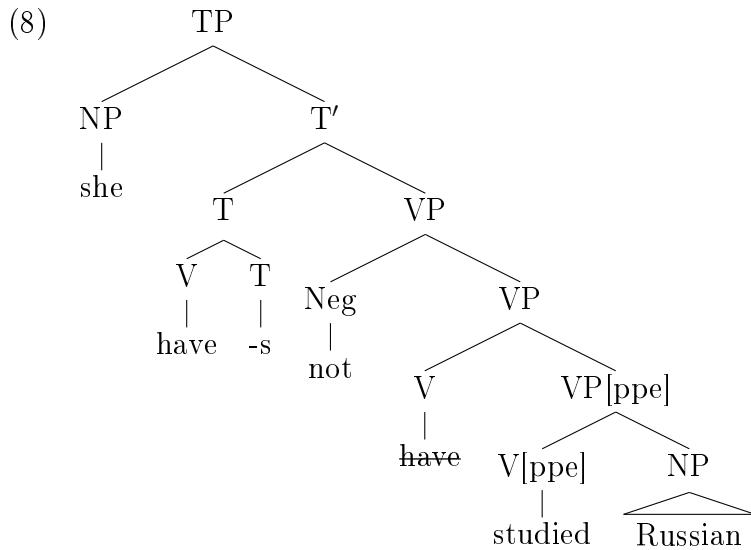
- (5) a. *John will carefully study the report.*
 b. ? *John carefully will study the report.*
 c. *John carefully studies the report.*
 d. * *John studies carefully the report.*



Les modaux, eux, sont directement générés dans le nœud T, fille de T' et sœur de VP. En revanche, les auxiliaires primaires HAVE et BE sont représentés comme des verbes sous un nœud V et complémentés par VP. Cette distinction est justifiée par la place de la négation (Exemple 7 d'après Carnie, 2006, p.264). En effet, le marqueur de la négation suit toujours le modal mais précède les auxiliaires HAVE ou BE s'ils sont présents. Ces derniers ne sont donc pas générés dans le nœud T mais en V.

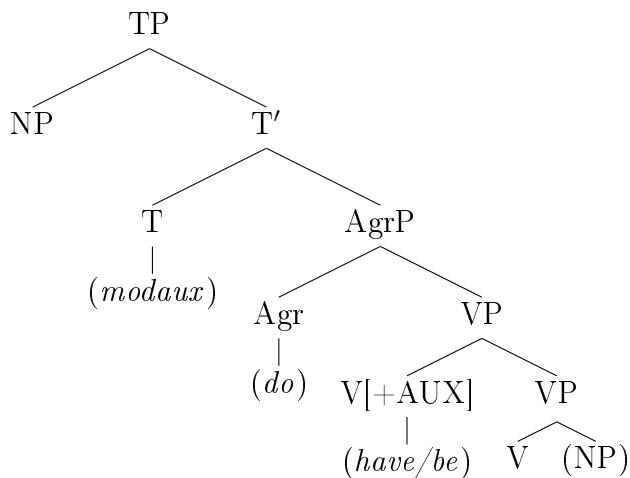
- (7) a. *Shannon should not have been being fed at the table.*
 b. * *Shannon not should have been being fed at the table.*

Cependant, ces auxiliaires peuvent eux aussi précéder la négation (« *Shannon has not eaten* ») : il en est déduit que, contrairement aux verbes principaux, les auxiliaires peuvent monter dans T et y prendre les marques de temps et d'accord (voir Arbre 8 adapté de Sportiche *et al.*, 2013, p.213).

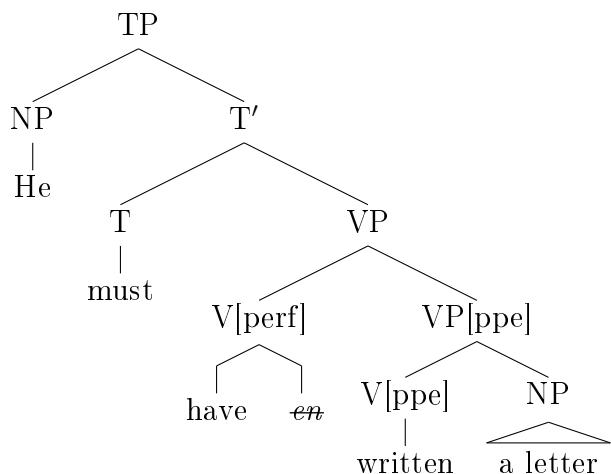


Certaines analyses (Pollock, 1989, 1997) incluent également un constituant AgrP, un syntagme d'accord qui contient les marques d'accord. C'est dans ce constituant qu'est généré le DO périphrastique lorsqu'il est nécessaire pour porter les marques d'accord (Arbre 9). Cet auxiliaire peut également monter dans le T. DO représente un cas particulier puisque sa distribution est quelque peu différente de celles des autres auxiliaires : il ne peut pas apparaître avec un autre auxiliaire (**does be*, **did have*) et n'est pas présent dans les phrases déclaratives positives sans accent ; il est donc nécessairement complémenté par V[-AUX] (Warner, 1993). DO est restreint aux contextes dans lesquels un autre auxiliaire est absent. Le temps et l'accord sont par défaut réalisés comme des affixes, et DO n'apparaît que dans des cas où cette réalisation est impossible : en présence de la négation contractée, avec une ellipse, ou pour une opération d'emphase (Warner, 1993). Dans l'analyse générative, DO est considéré comme une solution de dernier recours : lorsque le mouvement de T à V est bloqué par exemple par la négation, alors T doit se fixer sur autre chose que le verbe principal. Si un auxiliaire est présent en V, celui-ci peut monter à T et en prendre les marques. Dans le cas contraire, l'auxiliaire de soutien DO doit être introduit (Carnie, 2006).

(9) a.

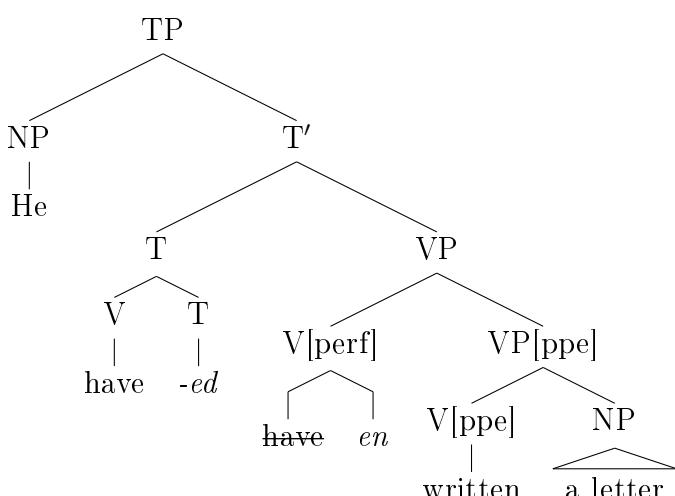


b.

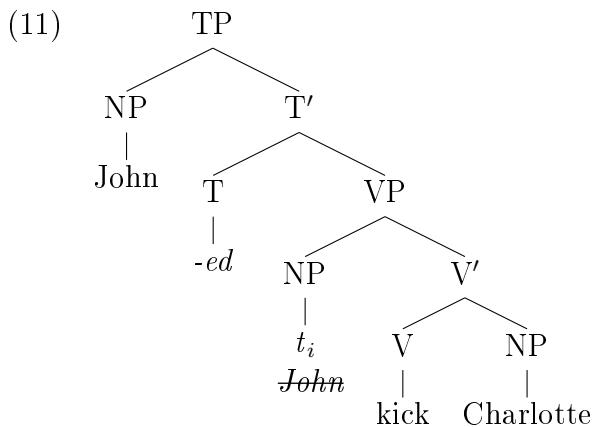


Les seuls verbes qui peuvent monter dans le constituant T sont donc BE et HAVE ainsi que le DO pro-verbal (Carnie, 2006; Pollock, 1989, 1997).

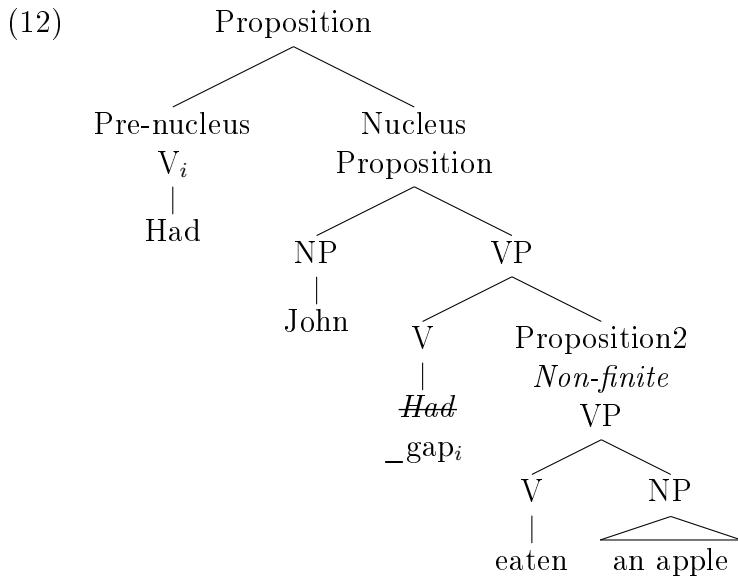
(10)



Cette analyse n'est pas parfaite — notamment, comme le soulève Warner (1993), les critères utilisés pour distinguer les auxiliaires des verbes à montée peuvent paraître arbitraires, tout comme la justification pour le mouvement de BE et HAVE depuis le VP jusqu'à T. Cependant, elle permet de décrire précisément la nécessité de l'apparition du DO périphrastique en l'absence d'un autre auxiliaire, lorsque le verbe ne peut pas lui-même porter les marques d'accord et de temps. Nous adopterons donc ici une représentation simplifiée de l'analyse générative afin de rendre compte de la nécessité de DO dans les questions au présent, une des deux structures cibles de cette expérience, par opposition au français. Afin de simplifier la représentation graphique, nous ne représentons pas le mouvement du sujet correspondant à l'hypothèse du sujet interne au VP (Koopman et Sportiche, 1991) qui veut que le syntagme verbal contienne le verbe ainsi que ses deux arguments (voir Arbre 11). Cette hypothèse permet de rendre compte des langues suivant un ordre Verbe-Sujet-Objet telles que l'irlandais. D'après Khalifa (2004), elle reflète également les hypothèses énonciatives de relations très étroites entre le sujet et le prédicat.

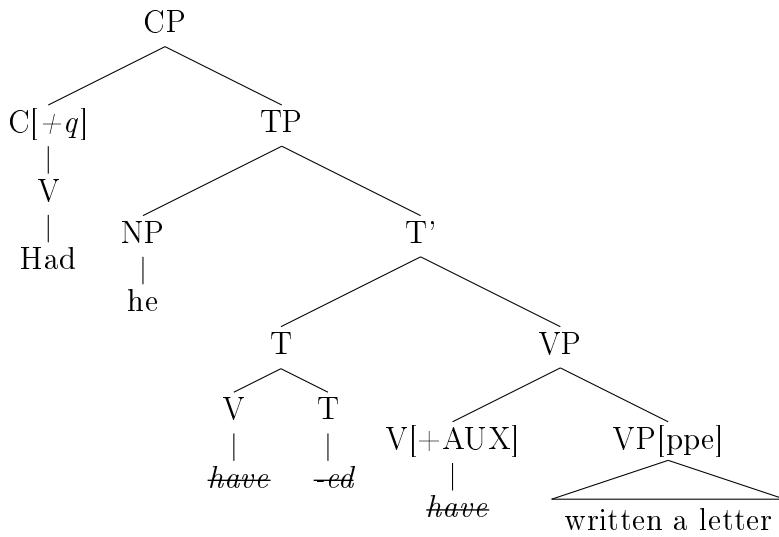


L'inversion Outre la représentation du temps et de l'accord, nous devons également nous intéresser à la représentation de l'inversion dans les questions polaires, qui sont la structure cible de notre expérience. De nombreuses analyses conçoivent le verbe comme effectuant un mouvement pré-sujet par rapport à la contrepartie déclarative de la phrase cible. Huddleston et Pullum (2002) parlent ainsi d'un auxiliaire en position pré-nucléaire laissant un blanc (*gap*) à sa position initiale dans le nucleus (Arbre 12).

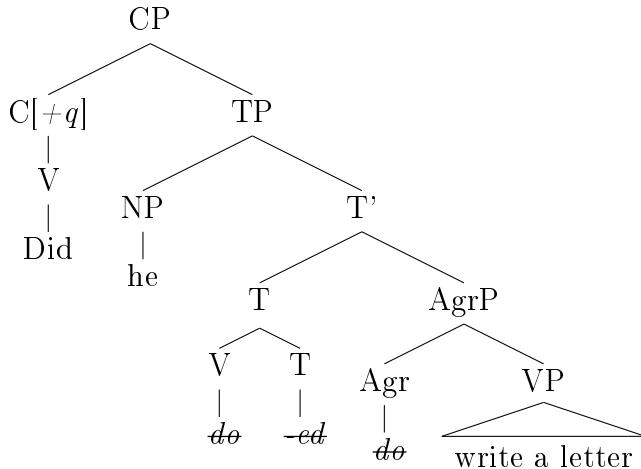


La partie de la proposition qui suit l'auxiliaire forme ainsi un constituant. L'analyse simplifiée présentée dans [Huddleston et Pullum \(2002\)](#) ne mentionne cependant pas le cas de DO, et ne dit rien au sujet de l'apparition de DO dans la version interrogative avec inversion sujet-auxiliaire de la phrase. Doit-on s'attendre à une trace dans la représentation telle que celle présentée avec l'auxiliaire HAVE ou BE même si DO ne figure pas dans la contrepartie positive de la phrase ? Sinon, comment rendre compte de l'apparition de DO ? Nous représenterons donc la structure interrogative en suivant le modèle génératif simplifié (sans représentation du sujet interne au VP), ce qui nous permettra de faire figurer dans cette représentation les traits de temps, d'accord, et d'inversion (voir Arbre 13). D'après cette analyse, seul ce qui est présent en T peut monter en spécificateur de CP. En anglais, l'auxiliaire peut monter en T : il peut donc également se déplacer en C et se trouver ainsi à gauche du sujet. En revanche, le verbe principal ne peut pas monter en T et donc ne peut pas être inversé avec le sujet (« *Wrote he a letter? »). En l'absence d'auxiliaire, T doit à la fois descendre en V et monter en C : c'est pour résoudre ce problème que DO est généré pour porter les marques de T et permettre l'inversion avec le sujet ([Carnie, 2006](#)).

(13) a.



b.



5.3.2.2 En Français

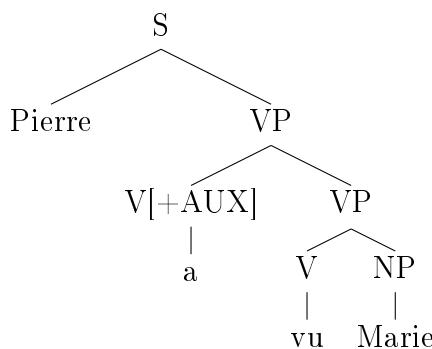
Qu'est-ce qu'un auxiliaire ? Il existe un consensus général sur le fait que AVOIR et ÊTRE sont des auxiliaires en français, mais un débat existe sur la nature d'autres candidats tels que ALLER lorsqu'il exprime le futur, VENIR DE pour le passé immédiat ou les verbes modaux DEVOIR et POUVOIR. Structurellement, on considère que les auxiliaires sont générés dans une position V[+AUX] et complémentés par un VP (Jones, 1996). La position des clitiques, fortement liée à la structure syntaxique de la phrase, constitue un argument pour dire que les auxiliaires en français font partie de la même proposition que le verbe avec lequel ils fonctionnent, contrairement à l'hypothèse émise pour l'anglais par Huddleston et Pullum (2002). En effet, le pronom clitique apparaît à gauche d'un verbe auxiliaire (« Pierre l'a résolu ») mais pas d'un verbe lexical (« *Pierre l'essayera de résoudre ») ou d'un verbe modal

(« * Pierre le doit résoudre »).

L'ordre des auxiliaires va également dans ce sens : en français, les modaux DEVOIR et POUVOIR peuvent apparaître l'un avec l'autre, ou précéder et suivre AVOIR, alors qu'en anglais un seul modal est autorisé par proposition et ne peut pas suivre les auxiliaires HAVE et BE. Jones (1996) en conclut que les modaux sont des auxiliaires en anglais mais pas en français ; seuls AVOIR et ÊTRE sont des auxiliaires en français. Ce sont ceux qui sont utilisés pour former les temps composés et l'inversion dans les questions polaires dans certaines conditions, et donc ceux qui correspondent à notre structure cible.

Auxiliaire et temps : analyse syntaxique Plusieurs analyses structurelles sont compatibles avec la définition d'un auxiliaire comme verbe apparaissant à la gauche du verbe lexical dans la même proposition. Une règle récursive est envisageable, bien que celle-ci comporte des restrictions (on ne peut pas avoir une quantité indéfinie de AVOIR à la suite). La représentation traditionnelle place l'auxiliaire dans V[+AUX], comme fille et sœur de VP.

(14)



Des différences syntaxiques existent entre les auxiliaires en français et en anglais. Par exemple, en anglais, il est possible d'omettre une séquence de mots suivant un auxiliaire lorsque ce contenu peut être récupéré d'après le contexte. En français en revanche, ce n'est pas possible avec les auxiliaires (voir Exemple 15 adapté de Jones, 1996, p.88).

- (15) a. *Have you solved the problem? Yes, I have.*
 b. Avez-vous résolu ce problème ? * Oui, j'ai.

En grammaire générative, une autre différence considérable existe entre français et anglais. Celle-ci vient de l'observation de la place possible des adverbes. En effet, en français, l'adverbe peut se trouver entre la tête de VP et son complément. En anglais en revanche, cette configuration est impossible, et l'adverbe doit toujours se trouver à gauche du verbe principal (Exemple 16 d'après Carnie, 2006, p.260).

- (16) a. Je mange souvent des pommes.

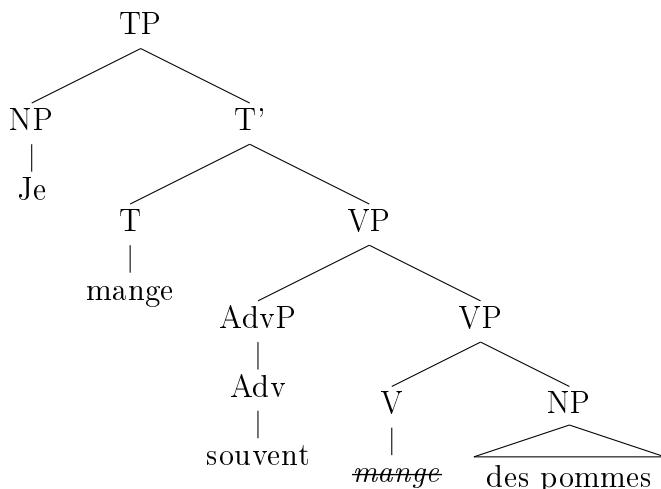
- b. *I often eat apples.*
- c. **I eat often apples.*
- d. *I have often eaten apples.*
- e. J'ai souvent mangé des pommes.

Cette différence se retrouve également avec la négation :

- (17) a. Je (ne) mange pas de pommes.
 b. **I eat not apples.*
 c. **I not eat apples.*
 d. *I do not eat apples.*
 e. *I have not eaten apples.*
 f. Je (n')ai pas mangé de pommes.

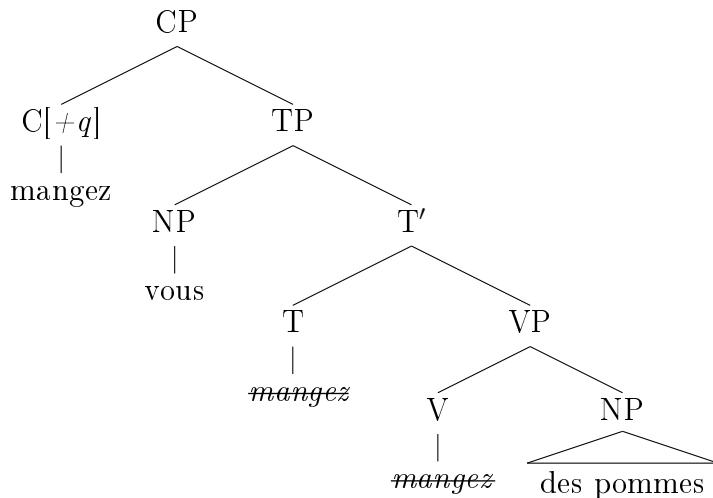
On a vu qu'en anglais, c'est le T qui descend vers le V, sauf dans le cas des auxiliaires BE et HAVE. En français en revanche, puisque l'adverbe peut se trouver à droite du verbe principal, c'est que le verbe principal peut lui aussi sortir du VP et aller en T, comme les auxiliaires en anglais (voir Arbre 18 adapté de Carnie, 2006, p.247). C'est l'hypothèse de la montée du verbe ou mouvement de V vers T. D'après la théorie générative, il y a une distribution complémentaire entre les langues qui ont le mouvement de T vers V (*affix-hopping*) et les langues qui ont le mouvement de V vers T.

(18)



La question de l'inversion L'inversion se produit par un mouvement de T à C[+q], le spécificateur de CP. En anglais, nous avons vu que les verbes lexicaux ne peuvent pas monter en C puisqu'ils ne peuvent pas monter en T, contrairement aux auxiliaires pour lesquels ce mouvement est disponible (« *Have you played the piano?* » mais non pas « **Played you the piano?* »). En français en revanche, les verbes principaux peuvent monter dans T. Par conséquent, il est prévu qu'ils peuvent également monter en C et se trouver à la gauche du sujet. C'est en effet le cas : « Mangez-vous des pommes ? » est parfaitement grammatical.

(19)



La séquence menant à l'inversion est donc la suivante : en français, le verbe monte d'abord en T pour y prendre les traits de temps et d'accord, puis il monte en C pour réaliser l'inversion. En anglais, s'il y a un auxiliaire dans la phrase déclarative, la séquence est la même. Dans le cas contraire, DO est introduit pour faire face aux mouvements contradictoires requis autour du nœud T. DO récupère les traits de temps en T et peut ensuite se déplacer en C.

En français, lorsqu'un pronom sujet clitique est présent, il est toujours placé après le premier verbe, que ce soit un verbe lexical ou un auxiliaire :

- (20) a. Viendra-t-il ?
 b. Est-il venu ?

Ce pronom inversé ne peut pas être séparé du verbe par un autre élément quel qu'il soit. Il n'y a en revanche pas d'inversion avec un NP complet : le NP reste en position initiale et l'inversion se fait uniquement avec le pronom clitique.

- (21) a. L'homme est-il venu ?
 b. *Est l'homme venu ?

Dans un temps composé avec un pronom sujet, l'inversion se produit donc d'une manière similaire à l'anglais avec HAVE : on a une séquence V[+AUX] portant les

marques de temps + Sujet + Verbe principal au participe-passé. C'est cependant l'unique situation où la structure est réellement parallèle entre les deux langues. Si le sujet n'est pas un pronom, l'inversion n'est pas possible de la même manière en français. Si un auxiliaire est présent en français, le verbe principal est toujours sous forme de participe, contrairement à la structure avec DO en anglais où seul l'auxiliaire porte des marques de temps et est accompagné du radical du verbe. D'autre part, l'inversion, si elle est obligatoire en anglais, est en revanche très formelle en français. Elle est donc évitée dans la plupart des cas à l'oral, soit en conservant l'ordre des mots de la phrase déclarative soit en utilisant le complémenteur *Est-ce que* :

- (22) a. Tu pars ?
- b. Est-ce que tu pars ?

Tant en français qu'en anglais, les analyses génératives considèrent donc que les auxiliaires opèrent un mouvement de V vers T pour recevoir les marques de temps et d'aspect, et qu'ils se déplacent ensuite en C dans les questions inversées. L'impossibilité pour les verbes lexicaux en anglais d'effectuer ce mouvement de V vers T justifie la nécessité de la génération de l'auxiliaire de soutien DO. La structure cible de notre expérience est les questions polaires au prétérit, donc avec *Did* suivi du radical du verbe, et au *past perfect*, avec *Had* suivi du participe-passé. Ces deux structures ont des degrés de similarité différents par rapport au français au niveau de la morphologie du verbe qui suit l'auxiliaire. Lorsque le sujet est un pronom en français, la structure inversée de l'anglais est également similaire à celle du français. Cependant, cette inversion est peu commune en français oral. De plus, la distance entre auxiliaire et verbe principal imposée par l'inversion en anglais est plus grande qu'en français : en français, cette distance correspond au maximum à la longueur d'un pronom clitique monosyllabique, alors qu'un syntagme nominal complet peut séparer auxiliaire et verbe lexical en anglais (« *Did the man you saw yesterday like the chocolate?* »). Cette distance accrue ne favorise pas la saillance de la forme morphologique du verbe principal, d'autant plus que cette forme est toujours un participe-passé en français et qu'elle a une importance très limitée pour la compréhension de la phrase, les marques de temps étant déjà portées par l'auxiliaire.

5.3.3 Le problème de l'acquisition

5.3.3.1 En L1

Chez les enfants, les études montrent des effets de facilitation entre les morphèmes : il semble que la productivité de l'auxiliaire DO par exemple soit liée à celle du -s de troisième personne et à l'utilisation de la copule BE (Rispoli *et al.*, 2012). En revanche, l'utilisation de BE comme auxiliaire et du morphème du passé

sont acquis plus tardivement. Nicoladis *et al.* (2012) ont étudié l'évolution de la maîtrise du passé chez des enfants bilingues français et anglais. Ils ont constaté que ces enfants avaient plus de difficultés avec les verbes irréguliers qu'avec les verbes réguliers tant en français qu'en anglais.

5.3.3.2 En L2

L'acquisition du temps et de l'aspect en L2 a fait l'objet de nombreuses études. Trois étapes ont été identifiées (Bardovi-Harlig, 2000) :

1. étape pragmatique
2. étape lexicale (utilisation d'adverbes de temps tels que *yesterday*)
3. étape morphologique

Les apprenants atteignent l'étape morphologique avec des taux de succès divers, voire n'y parviennent jamais. L'acquisition de la morphologie de temps et d'aspect suit de plus les principes généraux suivants (Bardovi-Harlig, 2000; Dietrich *et al.*, 1995; Klein, 1993) :

- Le développement de l'expression du temps est lent et graduel.
- La forme précède souvent la fonction : la morphologie verbale peut émerger alors que le contraste fonctionnel n'est pas acquis. La morphologie utilisée n'est alors pas liée à un sens clair.
- La morphologie irrégulière précède la morphologie régulière : on peut remarquer ici que ce principe va à l'encontre de ce que Nicoladis *et al.* (2012) ont observé dans le développement de la langue maternelle d'enfants bilingues.
- Les apprenants font généralement l'hypothèse initiale que le temps est marqué par des suffixes uniquement, et font abstraction des marques discontinues telles que [AUX + V-flexion de temps]. Ils ont ainsi tendance à commencer une séquence avec un verbe fléchi alors que la forme cible inclut un auxiliaire.

Paradis *et al.* (2008) remarquent également que les auxiliaires sont acquis avant la morphologie flexionnelle. Bardovi-Harlig (2000) propose ainsi l'ordre d'acquisition suivant pour l'anglais en tant que seconde langue chez des adultes :

1. présent
2. aspect progressif
3. *present perfect*
4. *past perfect*

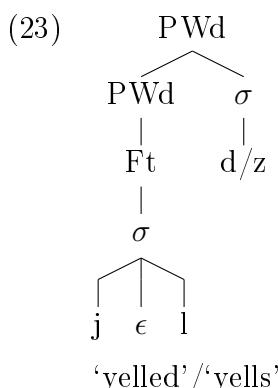
Plusieurs facteurs expliquent cet ordre d'acquisition : la complexité syntaxique et sémantique de la forme, sa fréquence dans l'*input*, et sa charge fonctionnelle.

L'acquisition du DO périphrastique est un problème à part, impliquant des connaissances sémantiques, syntaxiques et morphologiques (Dimroth, 2008, p.118). En effet, puisqu'il porte les marques de temps et d'accord alors que le verbe principal

est non fini, l'auxiliaire de soutien DO est parfois considéré comme un morphème de temps libre (Paradis *et al.*, 2008). Des études de corpus ont pourtant observé que l'acquisition de DO posait moins de problèmes que celle d'autres morphèmes (Pfenninger, 2014). D'après VanPatten (1996), les apprenants débutants et intermédiaires d'une L2 ne traitent pas DO comme un item lexical séparé : en effet, celui-ci n'ayant que peu de valeur communicative, il est facilement ignoré durant le traitement de l'*input*, surtout pour la négation. Le temps peut donc pendant un moment être marqué à la fois sur l'auxiliaire non analysé et sur le verbe (Littlewood, 1984).

Effet phonologique Un point supplémentaire est à prendre en considération pour le cas particulier des marques de temps en anglais : un potentiel effet phonologique. En effet, la forme phonétique du morphème du passé ainsi que l'environnement phonétique dans lequel il se trouve ont un effet sur le taux de présence des marques du passé en L2 (Lardiere, 2003; Wolfram, 1985). Beaucoup de contraintes de surface peuvent jouer un rôle, notamment celles liées aux groupes de consonnes. Plus la différence entre la forme du passé et la forme du présent est saillante, plus le passé est utilisé (Ellis et Larsen-Freeman, 2006) : cela explique le plus grand taux de succès avec l'utilisation des verbes irréguliers qu'avec les verbes réguliers en L2. Au sein même des verbes irréguliers, plus le passé est différent phonétiquement plus il est susceptible d'être utilisé par l'apprenant. Il y a également un effet de fréquence : les formes irrégulières fréquentes telles que « *went* », « *came* », ou « *did* », portent plus souvent les marques de temps. Le segment qui précède et qui suit la marque du passé a aussi son importance : plus celui-ci est sonore (par exemple une semi-voyelle précédant le morphème *-ed* ou une voyelle le suivant), plus le morphème est susceptible d'être présent. Les processus de réduction des groupes de consonnes expliquent également que le passé soit plus souvent marqué à l'écrit qu'à l'oral.

Un autre facteur possible est l'impact des contraintes imposées par les représentations prosodiques de la L1 de l'apprenant (Goad *et al.*, 2011, 2003). En effet, d'après Selkirk (1996), les traits de temps et d'accord sont affixés au mot prosodique mais restent en dehors de celui-ci (voir Arbre 23).



Ainsi, lorsqu'une syllabe est ajoutée à un mot lexical en anglais à cause d'un morphème flexionnel, l'accentuation du mot ne change pas (*de'cide* vs. *de'cided*). Goad *et al.* (2011) montrent que ce n'est pas le cas en français : l'accent est considéré comme étant toujours sur la dernière syllabe, y compris lorsqu'une flexion ajoute une syllabe supplémentaire (*il éc'rit* vs. *il écri'veit*, voir Exemple 24). L'accentuation est ainsi alignée à la droite du mot et la flexion fait partie du mot prosodique (voir Arbre 25).

- (24) a. [vi'zit]
visit-PST.1/2/3SG
‘visite’
b. [vizi'tɔ̃]
visit-PST.1PL
‘visitons’
c. [vizi'tɛ]
visit-IMP.1/2/3SG
‘visitait/visitais’

- (25) PWd
-
- ```

graph TD
 PWd --- σ1[σ]
 PWd --- Ft
 σ1 --- v
 σ1 --- i
 Ft --- σ2[σ]
 Ft --- σ3[σ]
 σ2 --- z
 σ2 --- i
 σ3 --- 't-
 σ3 --- ε

```
- ‘visitait’/‘visitais’

Certains chercheurs font donc l'hypothèse qu'un problème de perception (voir Solt *et al.*, 2004) serait à l'origine du problème de production de la morphologie du temps. En effet, en anglais, le passé est réalisé par trois allomorphes qui ne sont pas tous aussi saillants : l'allomorphe [ɪd] est plus saillant phonétiquement que [t] et [d]. L'ajout du morphème du passé crée souvent des cudas complexes avec des groupes de consonnes. De plus, beaucoup de langues n'autorisent pas les cudas consistant en un [t] ou [d] final — celles-ci sont cependant possibles en français. La difficulté de perception persiste même chez les apprenants avancés. Solt *et al.* (2004) font donc l'hypothèse que l'incapacité des apprenants à percevoir le morphème d'une manière systématique empêche de produire la forme cible.

Leur expérience montre bien que le morphème [ɪd] est mieux perçu que les deux autres, [t] étant légèrement mieux perçu que [d]. Le déficit perceptif est observé même chez des apprenants avancés par rapport à des natifs, mais la performance de tous les participants sur un test écrit sur des formes en contexte est similaire. Les

apprenants avancés parviennent donc à compenser ce déficit perceptif en utilisant le contexte lexical pour accéder à leurs connaissances grammaticales et produire les morphèmes correctement. Les participants de niveau plus faible de Solt *et al.* (2004) possédaient eux aussi les connaissances grammaticales explicites nécessaires à l'utilisation du passé, mais ils ne percevaient pas les morphèmes et ne parvenaient pas à exploiter les indices lexicaux contextuels pour produire les marques du passé, même à l'écrit.

La phonologie des marques du passé peut donc jouer un rôle dans la performance sur une tâche de perception de ces morphèmes et doit être prise en compte. La manière dont cela a été fait dans notre expérience est détaillée dans la partie Méthodes (voir Section 6.2.1 p. 139).

### 5.3.4 Récapitulatif : la structure cible

La structure cible de notre expérience est donc la question polaire au passé, avec deux sous-catégories : au *prétérit* et au *past perfect*. Cet ensemble de structures a des degrés de similarité différents avec le français, ce qui nous permet de prendre en compte ce facteur dans l'impact d'entrainements implicite et explicite sur l'acquisition de la morphosyntaxe. Nous avons vu que des différences structurelles existent entre la manière dont les marques de temps sont représentées dans la syntaxe du français et de l'anglais. La forme elle-même des structures est plus ou moins semblable entre les deux langues :

- Le *past perfect* a une forme sensiblement similaire à celle de son plus proche équivalent sémantique français, le plus-que-parfait : un auxiliaire à une forme passée suivie d'un participe-passé.
- Le *prétérit*, en revanche, a deux équivalents sémantiques français : le passé-composé et l'imparfait. Comme l'imparfait, il se réalise avec une flexion dans les phrases déclaratives. En revanche, dans les interrogatives comme celles qui constitueront nos stimuli, l'intégration de l'auxiliaire de support DO introduit une difficulté supplémentaire. En effet, le verbe lui-même ne porte plus de marque de temps : il n'est plus fléchi, et n'est pas non-plus un participe-passé comme c'est le cas en français après un auxiliaire au passé composé. En revanche, dans les questions au *prétérit*, l'auxiliaire porte la marque du temps, contrairement au passé composé.

Cette structure est en outre intéressante car elle fait l'objet de difficultés en acquisition. Au niveau morphologique, les problèmes d'acquisition des marques du temps et de l'aspect sont attestés de manière consensuelle. Les raisons de ce déficit sont plus controversées, mais un problème de perception pourrait notamment entrer en jeu. Pour maximiser la perception du morphème, nous avons toujours intégré les terminaisons avant le même contexte : une voyelle permettant de maximiser la sonorisation de la dernière consonne du morphème.

Les deux composantes de notre structure (morphologie du passé et questions polaires) ont été classées comme d'un niveau intermédiaire par [Ellis \(2009b\)](#), ce qui correspond au niveau de compétence de nos participants. D'après les critères de [Ellis \(2009b\)](#) vus plus haut (voir [5.2.2.2](#)), on peut attribuer à la morphologie du passé un score explicite élevé (règle de composition simple et régulière) mais un score implicite faible (non saillant, charge fonctionnelle faible). Le DO périphrastique est similaire : son score de facilité explicite est relativement élevé, mais le score implicite est plus faible puisque la charge fonctionnelle est elle aussi faible. La saillance phonologique est cependant supérieure à celle du morphème du passé puisqu'il s'agit d'un mot complet séparé. Pour autant, ces deux éléments ne sont pas faciles à apprendre dans un cadre explicite.

## 5.4 Questions de recherche

En résumé, les questions de recherche qui ont guidé cette expérience sont les suivantes. La première interrogation est : les résultats obtenus avec des langues artificielles peuvent-ils s'appliquer à des langues naturelles et à des participants ayant déjà des connaissances de la L2 ? Et, plus particulièrement :

1. Les entraînements explicite et implicite sont-ils efficaces, et ont-ils tous deux le même effet bénéfique ? Influencent-ils différemment les réponses comportementales et cérébrales des participants ?
  - Les deux entraînements doivent être aussi similaires que possible afin de ne différer que dans leur qualité explicite / implicite. Comme dans l'expérience de [Morgan-Short \*et al.\* \(2010, 2012\)](#), les deux entraînements se distinguaient par une partie initiale différente, suivie d'une partie pratique commune.
  - La partie initiale de l'entraînement implicite consistait en une exposition auditive à des questions polaires et à leur contrepartie déclarative pendant l'accomplissement d'une tâche de distraction focalisée sur l'apprentissage de vocabulaire.
  - La partie initiale de l'entraînement explicite incluait des explications métalinguistiques des règles pour former les questions polaires aux deux temps concernés, ainsi que des exemples auditifs et un test de compréhension final.
  - La partie commune aux deux entraînements consistait à sélectionner la réponse correcte à une question polaire présentée de manière auditive, parmi trois propositions dont deux contenaient des incongruités de sens et/ou de grammaire.
2. L'entraînement implicite peut-il suffire à progresser même lorsque la structure cible fonctionne de manière conflictuelle dans les deux langues, ou un certain niveau d'instruction est-il nécessaire dans ce cas ? Peut-on surpasser l'effet de transfert négatif sans instructions explicites ?

- Nous avons utilisé la structure cible décrite plus haut, afin de faire varier les paramètres de similarité entre L1 et L2 et de saillance phonologique de la violation.
3. Quel effet ces deux entraînements ont-ils sur le développement des connaissances explicites et des connaissances implicites ?
- Pour répondre à cette question, nous avons utilisé plusieurs mesures complémentaires :
    - (a) Jugement de grammaticalité en temps limité : pour les connaissances explicites très automatisées et/ou les connaissances implicites.
    - (b) Textes à trous : pour les connaissances explicites.
    - (c) Potentiels évoqués : pour les connaissances explicites et les connaissances implicites.
    - (d) Jugement de confiance et attribution de source : pour des mesures subjectives de la nature des connaissances utilisées.

Nous pouvons donc formuler les hypothèses suivantes :

1. au niveau comportemental :

- (a) Si les propriétés de la L1 dominent, les participants devraient mieux détecter les erreurs dans la condition Similaire L1-L2 (*past perfect*, avec *Had*) que dans la condition Conflictuelle (prétérit, avec *Did*), avant l'entraînement.
- (b) Si les propriétés de la L2 dominent, le *past perfect* étant acquis plus tard que le prétérit, les erreurs avec *Did* devraient être au moins aussi bien détectées que celles avec *Had*.
- (c) Si l'entraînement n'a pas d'effet différentiel sur ces réponses, c'est-à-dire s'il n'y a pas besoin d'informations explicites pour s'améliorer sur une structure fonctionnant de manière conflictuelle en L1 et L2, les participants des deux groupes devraient, après entraînement, avoir des taux de réponses similaires, et s'être améliorés sur les deux types de structure.
- (d) Si l'entraînement interagit avec le type de structure :
  - i. Les participants des deux groupes devraient s'améliorer sur la détection des erreurs de la condition Similaire.
  - ii. Les participants du groupe Explicite devraient progresser davantage que ceux du groupe Implicit sur la détection des erreurs dans la condition Conflictuelle.

2. au niveau des potentiels évoqués :

- (a) Si l'effet de transfert depuis la L1 influence les réponses électrophysiologiques des participants, on s'attend à trouver au pré-test une P600 et/ou

une N400 en réponse aux violations avec *Had*, mais pas de réponse aux violations avec *Did*.

- (b) S'il n'y a pas d'effet de transfert distinguant les deux structures, alors les mêmes réponses en potentiels évoqués devraient être trouvées pour les deux structures.
- (c) Après l'entraînement (voir Tableau 5.1) :
  - i. Si la forme de celui-ci n'a pas d'incidence, on devrait trouver les mêmes réponses pour les participants des deux groupes (une P600, précédée ou remplacée par une N400, ou une négativité antérieure si l'amélioration des participants est suffisante).
  - ii. Si la forme de l'entraînement a une incidence, comme ce qui a été trouvé dans les langues artificielles, et ce même lorsque les participants ont déjà des connaissances dans leur L2 :
    - S'il n'y a pas d'interaction avec le type de structure, on devrait observer les mêmes réponses pour les deux structures au sein de chaque groupe, mais des réponses différentes selon le groupe : on peut s'attendre à une négativité antérieure suivie d'une P600 dans le groupe Implicit mais à une positivité suivie d'une P600 dans le groupe Explicite.
    - S'il y a une interaction avec le type de structure, on peut s'attendre à ne trouver la négativité suivie de la P600 que pour la structure similaire chez le groupe Implicit, et à ne trouver qu'une P600 pour les autres conditions. Un résumé des hypothèses pour les potentiels évoqués est visible dans le Tableau 5.1.
- 3. au niveau des connaissances mobilisées :
  - (a) On peut dans tous les cas s'attendre à ce que les participants des deux groupes fassent appel à leurs **connaissances explicites** lors du jugement grammatical en temps limité, au moins en partie, puisque leur apprentissage de l'anglais s'est fait principalement de manière explicite.
  - (b) Il est possible cependant que les participants du groupe Implicit fassent plus appel à leur intuition — ou du moins, aient l'impression d'y avoir davantage recours que les participants du groupe Explicite, et qu'ils aient un taux de réussite satisfaisant même en utilisant leurs impressions plutôt que des règles explicites.

| <b>Entrainement</b>                                                  | <b>Implicite</b>                  |                                             | <b>Explicite</b>                  |                                             |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Condition</b>                                                     | <b>Similaire<br/>(<i>Had</i>)</b> | <b>Conflic-<br/>tuelle<br/>(<i>Did</i>)</b> | <b>Similaire<br/>(<i>Had</i>)</b> | <b>Conflic-<br/>tuelle<br/>(<i>Did</i>)</b> |
| <b>Pas de diffé-<br/>rence entre<br/>entrainements</b>               | N400/P600                         | N400/P600                                   | N400/P600                         | N400/P600                                   |
| <b>Interaction<br/>Entrainement<br/>× Similarité</b>                 | AN + P600                         | P600                                        | P600                              | P600                                        |
| <b>Pas d'interac-<br/>tion Entrainem-<br/>ent × Simi-<br/>larité</b> | AN + P600                         | AN + P600                                   | (Pos.) +<br>P600                  | (Pos.) +<br>P600                            |

TABLEAU 5.1 – Hypothèses concernant les réponses en potentiels évoqués après entraînement

# Chapitre 6

## Méthodes

### Sommaire

---

|            |                                              |            |
|------------|----------------------------------------------|------------|
| <b>6.1</b> | <b>Participants . . . . .</b>                | <b>133</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Matériel . . . . .</b>                    | <b>139</b> |
| 6.2.1      | Stimuli critiques . . . . .                  | 139        |
| 6.2.2      | Distracteurs . . . . .                       | 141        |
| 6.2.3      | Jugement de grammaticalité . . . . .         | 142        |
| 6.2.4      | Entrainements . . . . .                      | 143        |
| 6.2.5      | Préparation des stimuli . . . . .            | 145        |
| <b>6.3</b> | <b>Procédure . . . . .</b>                   | <b>146</b> |
| 6.3.1      | Session 1 : Pré-test . . . . .               | 146        |
| 6.3.2      | Session 2 à 4 : Entrainements . . . . .      | 150        |
| 6.3.3      | Session 5 : Post-test . . . . .              | 151        |
| <b>6.4</b> | <b>Acquisition des données EEG . . . . .</b> | <b>153</b> |
| <b>6.5</b> | <b>Analyses . . . . .</b>                    | <b>154</b> |
| 6.5.1      | Évaluation du niveau . . . . .               | 154        |
| 6.5.2      | Comportement . . . . .                       | 155        |
| 6.5.3      | EEG . . . . .                                | 158        |

---

### 6.1 Participants

Seize locuteurs natifs de l'anglais (4 hommes) ainsi que 32 sujets de langue maternelle française (6 hommes) ont participé à l'expérience. Les participants de langue française ont été répartis aléatoirement en deux groupes expérimentaux : Explicite et Implicite. Tous les participants ont déclaré être droitiers, ce qui a été confirmé

par un test de prévalence d'Edimbourg - *Edinburgh Handedness Inventory* (Old-field, 1971). Tous avaient une vision normale ou corrigée et une audition normale confirmée par un audiogramme (voir 6.3.1.2, p. 147).

| Groupes    | Nombre d'individus<br>(Individus de sexe masculin) | Âge moyen<br>(Écart-type) |
|------------|----------------------------------------------------|---------------------------|
| Natifs     | 16 (4)                                             | 21;3 <sup>16</sup> (1;11) |
| Apprenants | 32 (6)                                             | 18;6 (1;0)                |

TABLEAU 6.1 – Nombre d'individus et âge moyen par groupe

Les locuteurs natifs de l'anglais avaient des origines géographiques variées : Royaume-Uni (6), Irlande (1), États-Unis (3), Australie(3), Canada (2). Ils étaient âgés en moyenne de 21;4 ans ( $ET^{17}=1;11$ ).

Les francophones étaient âgés en moyenne de 18;6 ans ( $ET=1;0$ ). Ils avaient tous séjourné moins d'un mois en immersion en pays anglophone. 61 % d'entre eux avaient passé du temps dans une famille anglophone pour une durée de séjour moyenne de 8.5 jours avec une grande variabilité selon les participants ( $ET=9.4$  jours). Pour 72 % d'entre eux, ce séjour avait eu lieu dans le cadre d'un voyage scolaire.

65 % des participants ont rapporté parler trois langues, ce qui correspond à la situation d'un élève suivant un parcours typique d'enseignement des langues en milieu scolaire : une deuxième langue commencée à l'école primaire puis une troisième langue débutée au collège. Certains participants (4) ont indiqué ne parler que deux langues, alors qu'ils en ont nécessairement appris une troisième. On peut supposer que leur niveau dans cette troisième langue était si faible que cette langue ne fait pas partie de celles qu'ils estiment parler. Le reste des participants a indiqué parler 4 (5 individus) ou 5 (2 individus) langues. Pour 83 % des participants, l'anglais était la deuxième langue acquise chronologiquement et la troisième pour le reste d'entre eux (voir Figure 6.1 p. 135).

Il était demandé aux participants de classer les langues qu'ils parlaient par ordre de dominance. L'anglais arrivait en deuxième position, derrière le français, pour 97 % d'entre eux ; les 3 % restant se considérant meilleurs en espagnol. La troisième langue dominante était majoritairement l'espagnol (39 %) ou l'allemand (32 %). L'anglais était donné en troisième position quand l'espagnol avait été donné en deuxième. Les autres langues indiquées par les participants sont visibles dans la Figure 6.2 p. 136.

16. Pour rapporter les âges des participants ou tout autre donnée exprimée en années et mois, nous adoptons la convention de notation utilisée en acquisition de la L1 : le premier nombre renvoie aux nombres d'années et le deuxième au nombre de mois. Le séparateur est un point-virgule.

17. ET : Écart-type.

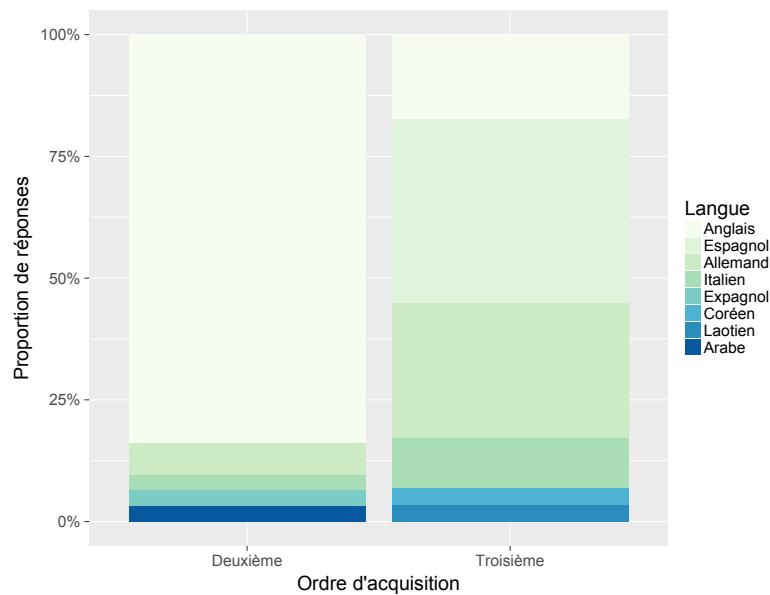


FIGURE 6.1 – Langues parlées par les participants par ordre d’acquisition après le français

Les participants ont également auto-évalué leur niveau par type de compétence (expression et compréhension orale et écrite) (voir Tableau 6.2 p. 137 et Figure 6.3 p. 136). Un test  $t$  avec correction de Welch a été réalisé pour comparer les niveaux auto-évalués globaux des deux groupes d’apprenants, et n’a pas révélé de différence significative entre les groupes ( $p > .1$ ).

Les participants ont indiqué l’âge auquel ils avaient commencé à apprendre l’anglais et à lire dans cette langue, ainsi que l’âge auquel ils avaient atteint une maîtrise fluide de ces deux compétences (voir Tableau 6.2). 1 participant a indiqué n’avoir pas encore atteint une maîtrise fluide de l’anglais, et 3 ont déclaré ne pas encore avoir atteint une maîtrise fluide de la lecture en anglais. Il est intéressant de noter que certains participants au niveau particulièrement faible (comme indiqué par leur performance au test de niveau initial ou lors du premier jugement de grammaticalité) ont pourtant indiqué avoir atteint une maîtrise fluide de la langue. Cela souligne le caractère peu fiable de l’auto-évaluation pour certains participants. Ces données ont donc une valeur indicative mais ne peuvent en aucun cas servir de base pour l’évaluation a priori du niveau des participants recrutés.

Le questionnaire demandait également aux participants d’indiquer sur une échelle de 1 à 5 à quel point un certain nombre de facteurs avaient contribué d’une part à leur apprentissage de l’anglais et d’autre part à leur exposition à la langue (voir Tableau 6.2 p. 137). Globalement, chaque facteur a été noté comme ayant eu la même importance pour l’acquisition et pour l’exposition. Une analyse avec un mo-

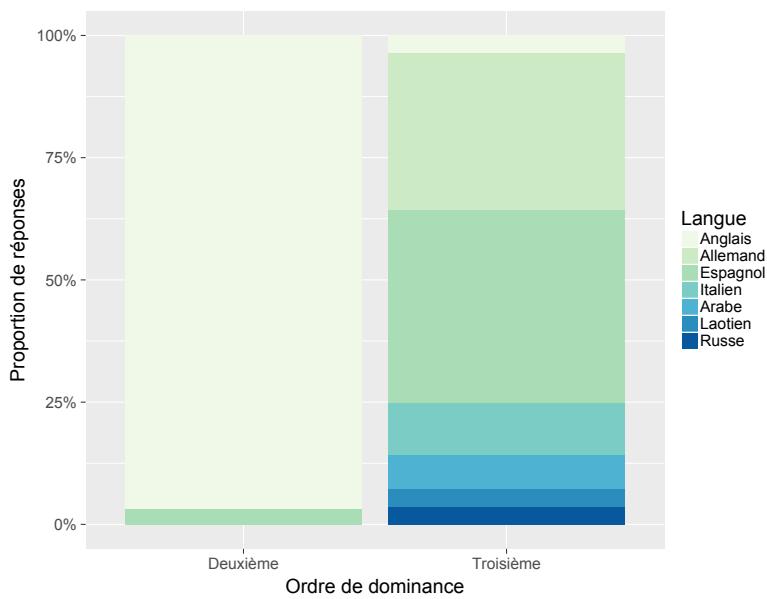


FIGURE 6.2 – Langues parlées par les participants par ordre de dominance après le français

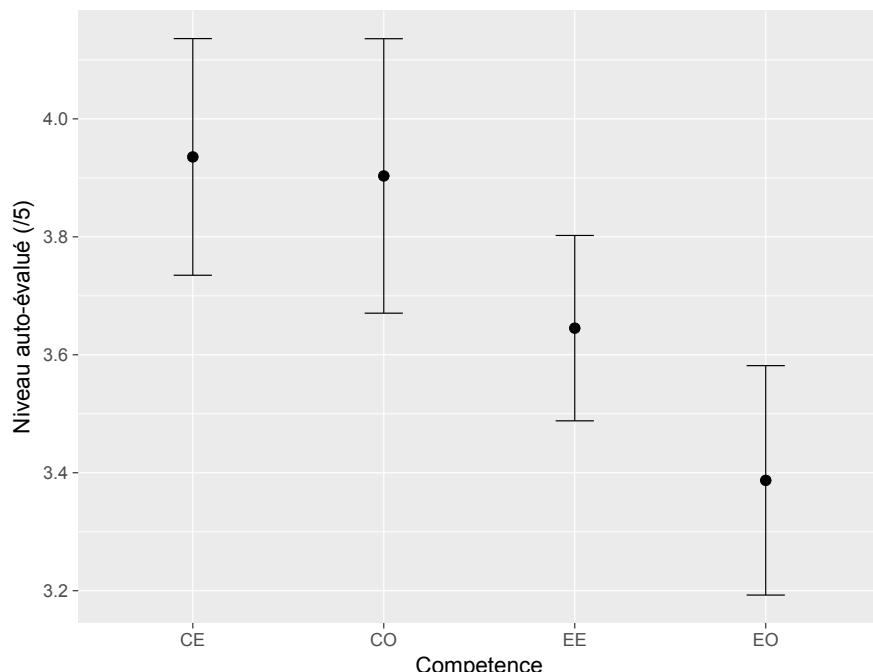


FIGURE 6.3 – Niveau auto-évalué par type de compétence.  
CE : Compréhension Écrite, CO : Compréhension Orale, EE : Expression Écrite, EO : Expression Orale

|                                                   |                                                | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------|-----------|
| <b>Niveau</b>                                     | Niveau total /20                               | 14.87    | 2.31      |
|                                                   | Niveau de Compréhension Orale /5               | 3.90     | 0.87      |
|                                                   | Niveau de Compréhension Écrite /5              | 3.94     | 0.63      |
|                                                   | Niveau d'Expression Orale /5                   | 3.39     | 0.76      |
|                                                   | Niveau d'Expression Écrite /5                  | 3.64     | 0.71      |
| <b>Acquisition</b>                                | Âge d'acquisition                              | 9.32     | 1.81      |
|                                                   | Âge de maîtrise fluide de la L2                | 15.3     | 1.40      |
|                                                   | Âge des premières lectures en anglais L2       | 13.35    | 2.44      |
|                                                   | Âge auquel la lecture est devenue fluide       | 15.32    | 1.80      |
| <b>Contribution du facteur à l'acquisition /5</b> | Études                                         | 4.03     | 1.08      |
|                                                   | Interactions avec des natifs                   | 2.77     | 1.45      |
|                                                   | Lecture                                        | 3.26     | 1.12      |
|                                                   | TV/Films                                       | 4.52     | 0.77      |
|                                                   | Musique                                        | 4.29     | 0.90      |
| <b>Contribution du facteur à l'exposition /5</b>  | Études                                         | 4.71     | 0.53      |
|                                                   | Interactions avec des natifs                   | 2.48     | 1.23      |
|                                                   | Lecture                                        | 3.03     | 1.20      |
|                                                   | TV/Films                                       | 4.61     | 0.67      |
|                                                   | Musique                                        | 4.51     | 0.77      |
| <b>Motivation pour la L2 : /3</b>                 | Goût pour la langue                            | 2.84     | 0.37      |
|                                                   | Confiance en soi pour parler la langue         | 2.00     | 0.68      |
|                                                   | Importance accordée à la maîtrise de la langue | 2.77     | 0.43      |
| <b>Apprentissage des langues</b>                  | Goût                                           | 4.29     | 0.86      |
|                                                   | Facilités                                      | 2.74     | 0.73      |

TABLEAU 6.2 – Réponses au questionnaire sur l'historique d'acquisition de l'anglais

dèle logistique ordinal (R package *ordinal*) a montré une différence d'importance selon le facteur. Pour la contribution à l'Exposition, le facteur Études était considéré comme plus important que les facteurs Interactions ( $-4.21$ ,  $ES=0.61$ ,  $z=-6.90$ ,  $p<.0001$ ) et Lecture ( $-3.25$ ,  $ES=0.57$ ,  $z=-5.70$ ,  $p<.0001$ ) : 75.23 % des participants ont attribué un score de 5/5 à l'importance de ce facteur. Le facteur Interactions était considéré comme moins important que tous les autres facteurs (toutes valeurs de  $p<.05$ ) : 49.10 % des participants lui ont attribué une importance de 2/5 ou moins. Pour l'Acquisition, le facteur estimé comme le plus important était le visionnage de films et séries. Ce facteur était considéré comme plus important que les Interactions ( $-2.84$ ,  $ES=0.53$ ,  $z=-5.35$ ,  $p<.0001$ ) et la Lecture ( $-2.14$ ,  $ES=0.49$ ,  $z=4.33$ ,  $p<.0001$ ), et marginalement plus important que les Études ( $-0.9$ ,  $ES=0.50$ ,

$z=-1.85$ ,  $p=.064$ ). 65.86 % lui ont attribué un score de 5/5. À l'inverse, les facteurs Lecture et Interactions étaient les moins importants. 55.92 % des participants ont attribué à la Lecture un score de 3/5 ou moins, soit un score moins élevé que pour les facteurs Études, TV et Musique (toutes valeurs de  $p<.01$ ). Le facteur Interactions était considéré comme moins important que les Études, la TV et la Musique ( $p<.001$ ) : 71.78 % lui ont donné un score de 3/5 ou moins. On avait donc d'un côté trois facteurs évalués comme ayant fortement contribué à l'apprentissage de l'anglais (les études, l'écoute de musique et le visionnage de films et séries) et d'un autre côté deux facteurs considérés comme moins importants (la lecture et l'interaction avec des natifs). Cette hiérarchisation des facteurs proposés est assez peu surprenante vu le parcours d'apprentissage des participants, essentiellement scolaire (d'où l'effet important des études), avec une exposition à l'anglais dominée par la musique entendue tous les jours à la radio et la popularité des séries américaines.

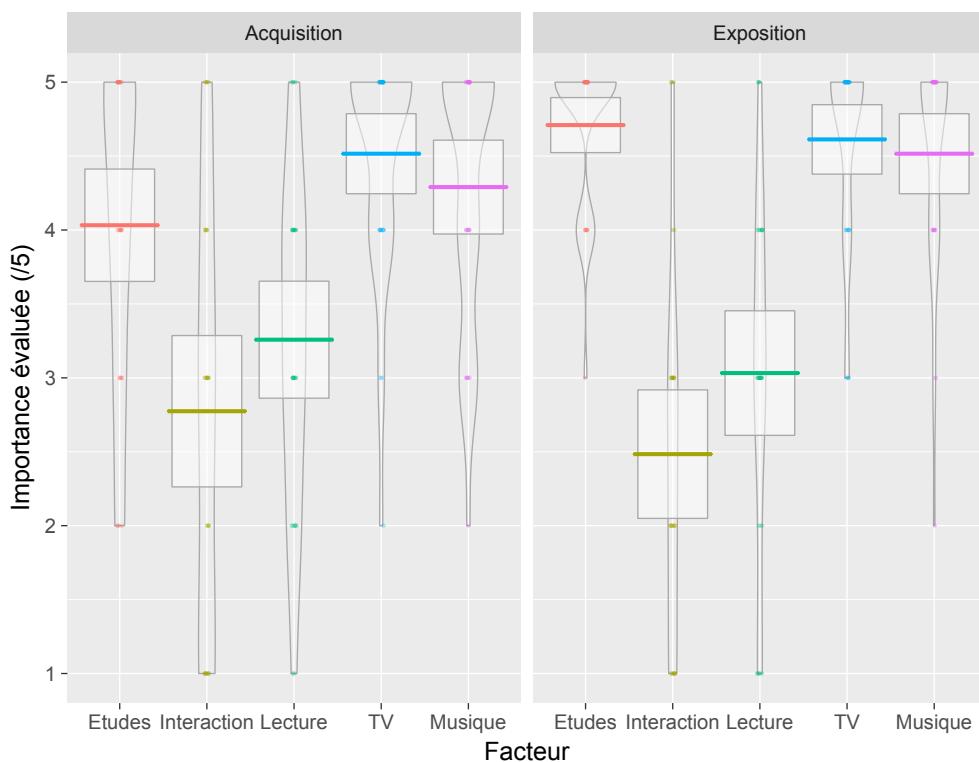


FIGURE 6.4 – Importance de différents facteurs pour l'acquisition de et l'exposition à l'anglais évaluée par les apprenants

Des évaluations de la motivation des participants pour l'apprentissage de l'anglais et des langues en général étaient incluses dans le questionnaire de départ. Ainsi, les participants ont dû noter sur une échelle de 1 à 3 leur gout pour l'anglais,

leur confiance en eux lors de leurs prises de paroles en anglais, et à quel point ils estimaient qu'il était important de parler anglais. Les moyennes des évaluations pour le goût et l'importance accordée à la langue sont relativement élevées ( $>2.5$ , voir Tableau 6.2 p. 137). Cela correspond à ce que l'on peut attendre d'étudiants en anglais à l'université — un certain goût pour la matière qu'ils ont choisi d'étudier, et une conscience de son importance dans le monde d'aujourd'hui. La confiance en soi était plus variable selon les participants. Un test de corrélation de Pearson a montré que cette valeur de confiance était positivement corrélée au niveau total auto-évalué des participants ( $t(29)=3.36, p=.002, r=0.53, R^2 \text{ Ajusté}=0.26$ ). Ce résultat est attendu puisque l'auto-évaluation du niveau est une mesure comportant une part de subjectivité. Il n'est donc pas étonnant que les participants qui considèrent avoir un niveau plus faible rapportent être peu confiants lorsqu'ils prennent la parole en anglais.

Les participants ont également eu à évaluer sur une échelle de 1 à 5 à quel point ils aimaient apprendre de nouvelles langues en général et à quel point ils trouvaient cela facile. Le goût rapporté pour l'acquisition de langues étrangères est assez haut ( $M=4.29$ , voir Tableau 6.2 p. 137) mais également assez variable. On pourrait pourtant s'attendre à ce que des étudiants en langues étrangères soient dotés d'un goût pour l'apprentissage de langues en général et pas seulement pour l'anglais. Cette variation reflète peut-être les motivations très différentes des étudiants qui suivent une première année de licence d'anglais, qui vont d'un véritable intérêt pour la langue et sa culture à une orientation par défaut.

Tous les participants ont dû remplir un formulaire de consentement éclairé dont ils ont conservé un exemplaire. Les données ont été rendues anonymes par l'attribution d'un code pour chaque participant. Hors du formulaire de consentement, l'identité des sujets ne figure pas dans les données. Tous les participants ont été rémunérés à hauteur de leur participation à l'expérience pour un montant de 10€/heure.

## 6.2 Matériel

### 6.2.1 Stimuli critiques

Les stimuli critiques pour l'expérience en EEG consistaient en des questions polaires simples au présent et au *past perfect*, commençant donc par l'auxiliaire *Did* ou *Had*, suivi d'un prénom (*Mary* ou *John*), du verbe lexical et d'un complément court comprenant entre 3 et 5 syllabes. Les 192 verbes critiques sélectionnés, tous réguliers, font partie des 500 verbes les plus fréquents selon le COCA (*Corpus of American English*, Davies, 2008). Deux allophones du morphème du passé ont été utilisés : pour la moitié des verbes, le morphème du passé se prononçait /ɪd/, et pour

|              | Incorrect |     | Correct |     |
|--------------|-----------|-----|---------|-----|
|              | Did       | Had | Did     | Had |
| /ɪd/         | 24        | 24  | 24      | 24  |
| /t/          | 24        | 24  | 24      | 24  |
| <b>Total</b> | 48        | 48  | 48      | 48  |

TABLEAU 6.3 – Nombre de stimuli par condition

l'autre moitié /t/. La présence du morphème était donc plus ou moins saillante. La moitié des phrases était rendue incorrecte en manipulant l'auxiliaire et la flexion verbale : les questions commençant par *Did* étaient correctes lorsque le verbe lexical était présenté dans sa forme radicale, et incorrectes lorsqu'il portait le morphème du passé -ed ; les questions commençant par *Had* étaient, elles, correctes lorsque le verbe lexical portait le morphème -ed du participe-passé, et incorrectes lorsque le verbe était dans sa forme radicale. Les 192 stimuli étaient donc répartis comme suit (voir Tableau 6.3) : 48 phrases correctes avec *Did*, 48 phrases incorrectes avec *Did*, 48 phrases correctes avec *Had* et 48 phrases incorrectes avec *Had*. Les deux allophones du morphème du passé étaient équitablement répartis dans chaque condition, de même que le genre du prénom sujet de la question. Afin de garantir la meilleure référence possible, chaque phrase (et donc chaque verbe) a été déclinée en 4 versions réparties entre les participants et entre les deux sessions EEG (pré- et post-test), comme présenté dans l'Exemple 26. La liste complète des stimuli est consultable dans l'Annexe D.

- (26) a. *Did Mary finish our dinner?*  
 b. \* *Did Mary finished our dinner?*  
 c. *Had Mary finished our dinner?*  
 d. \* *Had Mary finish our dinner?*

La moitié des participants entendait les stimuli de la liste 1 au pré-test et la liste 2 au post-test, et vice-versa pour les autres participants. Les listes a et b étaient contrebalancées parmi les sujets.

Les compléments courts suivant le verbe commençaient tous par une voyelle, de façon à ce que le morphème du passé soit le plus saillant possible : la réduction des groupes consonantiques est plus rare lorsque le mot suivant commence par une voyelle (Wolfram, 1985). Les noms présents dans les compléments apparaissaient une seule fois.

### 6.2.2 Distracteurs

#### 6.2.2.1 Distracteurs syntaxiques

120 phrases comportant un autre type de violation syntaxique ont été construites pour servir de distracteurs. Elles suivaient la même structure que les stimuli critiques, mais contenaient des verbes fréquents dont le morphème du passé se prononce /d/. Leur complément était composé d'un déterminant démonstratif au singulier (*That*) ou au pluriel (*Those*) suivi d'un nom sélectionné parmi les 500 noms les plus fréquents du COCA, et d'un court complément de deux à trois syllabes. Dans la moitié de ces phrases, l'accord entre déterminant et nom était incorrect : *That* suivi du pluriel ou *Those* suivi du singulier. Chaque nom apparaissait avec le même verbe et le même déterminant deux fois, une fois en condition correcte et une fois en condition incorrecte. Une deuxième version de ces phrases a été créée dans laquelle chaque nom apparaissait avec l'autre déterminant. Chaque nom apparaissait donc dans 4 versions, comme dans l'exemple (27)

- (27) a. *Did John govern that country for years?*  
 b. \* *Did John govern that countries for years?*  
 c. *Did John govern those countries for years?*  
 d. \* *Did John govern those country for years?*

La moitié des participants entendait les stimuli issus de la liste 1 au pré-test et la liste 2 au post-test et inversement pour les autres participants. Les listes a et b apparaissaient toutes les deux au pré-test et au post-test. Chacune des deux versions (listes 1 et 2) de ces distracteurs contenait donc 60 phrases correctes et 60 incorrectes réparties comme suit :

|       | Incorrect |       | Correct |       |
|-------|-----------|-------|---------|-------|
|       | That      | Those | That    | Those |
| Did   | 15        | 15    | 15      | 15    |
| Had   | 15        | 15    | 15      | 15    |
| Total | 30        | 30    | 30      | 30    |

TABLEAU 6.4 – Nombre de distracteurs syntaxiques par condition

#### 6.2.2.2 Distracteurs sémantiques

120 phrases contenant une violation d'ordre sémantique ont été ajoutées aux phrases contenant des violations syntaxiques et leurs contreparties positives. Ces

phrases suivaient la même structure générale que les stimuli et contenaient des verbes réguliers dont le morphème du passé se prononce /d/, différents des verbes utilisés dans les autres distracteurs. 60 phrases ont été construites, à partir desquelles deux séries de 60 phrases ont été composées. Pour l'une de ces séries, un nom du complément post-verbal a été remplacé par un autre nom apparaissant dans une autre phrase de façon à rendre le stimulus sémantiquement incongru. Pour construire les phrases de la deuxième série, les compléments post-verbaux des phrases de départ ont été mélangés. Seules les 120 phrases incorrectes du point de vue sémantique ont été ajoutées à la liste des stimuli pour l'expérience en EEG.

### 6.2.3 Jugement de grammaticalité

#### 6.2.3.1 Jugement de grammaticalité limité dans le temps

Cette tâche devant s'effectuer sur un corpus miniature reproduisant celui entendu pendant la tâche EEG, 40 phrases du même type que les stimuli critiques et 24 phrases similaires aux distracteurs syntaxiques ont été créées. La tâche de jugement de grammaticalité attirant l'attention du participant sur la forme et non sur le sens, 64 distracteurs supplémentaires contenant d'autres types de violations syntaxiques ont été ajoutés afin de rendre la violation critique moins saillante.

**Stimuli critiques** Les stimuli critiques étaient composés de 40 questions polaires suivant la même structure que les stimuli critiques de l'expérience EEG. 40 nouveaux verbes réguliers issus des 500 verbes les plus fréquents du COCA ont été utilisés pour cette partie, répartis équitablement selon la prononciation du morphème du passé. La moitié de ces phrases contenait donc une violation au niveau du verbe principal. Les incongruités syntaxiques étaient réparties équitablement selon le type d'auxiliaire et le genre du pronom sujet.

**Distracteurs : violation déterminant - nom** 24 phrases suivaient le modèle des distracteurs syntaxiques de l'expérience EEG : la moitié d'entre elles contenait une violation de l'accord entre déterminant démonstratif (*That* ou *Those*) et nom.

**Distracteurs : autres violations** Parmi les 64 distracteurs ajoutés au matériel expérimental, 24 étaient des phrases déclaratives simples construites sur le modèle suivant : Pronom sujet de 3e personne (*He* ou *They*) + verbe lexical + complément court. La moitié d'entre elles contenait une violation de l'accord entre sujet et verbe. Les 40 distracteurs restant étaient des phrases déclaratives simples construites sur le modèle suivant : Syntagme nominal de type N1's N2 (composé du prénom *John* ou *Mary*, de la marque du génitif et d'un nom commun fréquent) + auxiliaire BE + adjetif. La moitié de ces stimuli contenait une violation

grammaticale : une violation d'accord sujet-verbe pour 10 d'entre elles et une absence de la marque du génitif pour 10 autres.

Ainsi, la moitié des 128 stimuli entendus pour cette tâche contenait une violation d'ordre morphosyntaxique. Le nombre de violations critiques était inférieur au nombre total de violations non critiques, et la violation critique n'était pas la plus nombreuse en terme de type de violation (20 phrases contenaient des violations du morphème du passé et 22 contenaient des violations de l'accord sujet-verbe).

### 6.2.3.2 Test des connaissances explicites

Les travaux d'Ellis (Ellis, 2009a) suggèrent que la meilleure manière de mesurer les **connaissances explicites** d'un sujet est de conduire un jugement de grammaticalité sans limite de temps. Les participants ont ainsi le temps et la possibilité de récupérer leurs **connaissances explicites** et métalinguistiques en **mémoire déclarative** et de les utiliser pour prendre leur décision. Ce test visait donc à évaluer la maîtrise explicite de la grammaire anglaise des participants et notamment de la morphologie associée aux temps en anglais. Deux versions du test ont été créées afin de ne pas présenter les mêmes stimuli lors du pré- et du post-test. L'exercice ne consistait pas directement en un jugement de grammaticalité car la tâche était réalisée au pré-test aussi bien qu'au post-test ; elle aurait été trop explicite et aurait pu compromettre le caractère implicite d'un des deux entraînements. L'exercice se présentait donc sous la forme de phrases à trous, avec pour consigne de mettre le verbe à la bonne forme ou de choisir le bon déterminant parmi ceux proposés. 18 trous devaient être complétés pour chaque version du test. Parmi eux, 8 concernaient la cible : le morphème du passé après *Had/Have* et *Did*. Dans deux cas, l'auxiliaire HAVE n'était pas fourni et devait être inséré à cause du contexte de la phrase. Dans chaque test, 7 autres trous portaient sur d'autres temps (présent, futur), d'autres aspects (continu), d'autres modes (conditionnel) ou d'autres auxiliaires (modaux). Les 3 trous restants dans chaque test invitaient à choisir le déterminant correct, parmi les articles ou *some/any*. Les phrases étaient présentées dans un ordre aléatoire. Chaque participant remplissait une version du test au pré-test, et l'autre version au post-test. L'ordre de présentation des versions de cet exercice était contrebalancé parmi les participants.

### 6.2.4 Entraînements

#### 6.2.4.1 Entrainement initial explicite

L'entraînement explicite consistait principalement en la présentation de règles de grammaire régissant la présence du morphème du passé sur le verbe lexical dans

les questions en anglais. Ces explications ont été élaborées à partir de livres de grammaire de référence (Larreya et Rivière, 2005; Quirk *et al.*, 1985). Un exemple accompagnait chaque explication, pour un total de 11 exemples. Ces derniers devant être comparables à ceux de l'entraînement implicite, ils apparaissaient sous la forme de questions polaires avec les auxiliaires DO et HAVE au présent et au passé. Six verbes réguliers et fréquents ont été sélectionnés. Ces verbes, non utilisés dans l'expérience en EEG, ont été choisis car, recombinés avec d'autres paramètres, ils pouvaient composer des exemples suffisamment variés pour l'entraînement implicite. Pour les besoins des explications, d'autres exemples sous une forme différente ont été ajoutés (copule BE, voie passive).

#### 6.2.4.2 Entrainement initial implicite

Les phrases utilisées pour l'entraînement initial du groupe implicite devaient comporter peu de variété, afin d'être comparables à celles utilisées pour le groupe explicite. Ainsi, les six mêmes verbes que ceux utilisés dans les exemples de l'entraînement explicite ont été utilisés. Neuf noms ont été choisis pour chacune des trois sessions d'entraînement. Ces noms, moins fréquents, correspondaient à du vocabulaire de niveau avancé estimé comme inconnu des participants. À chaque session était associé un thème : la nourriture (session 1), les vêtements (session 2) et les objets (session 3). Deux verbes pouvant se combiner avec tous les noms de la session étaient utilisés. Ils étaient répétés autant de fois avec les auxiliaires DO et HAVE au présent et au passé. Trois types de sujets étaient possibles : des pronoms, pour moitié singuliers (« *he* » ou « *she* ») et pour moitié pluriels (« *they* » ou « *you* »), des noms propres (« *Lucy* », « *James* », « *Lucy and James* ») et des noms communs singuliers (« *that man* » ou « *that woman* ») ou pluriels (« *those men* » ou « *those women* »). Ces différents paramètres étaient combinés de manière équilibrée pour obtenir 72 phrases, toutes différentes, par session. Chaque phrase a été déclinée en deux versions : question polaire et contrepartie positive. Pour la moitié des phrases, c'est la forme interrogative qui a été utilisée dans l'entraînement, et pour l'autre moitié, la forme déclarative. Des images libres de droit correspondant à chaque nom ont été sélectionnées pour accompagner les stimuli auditifs. Chaque phrase était associée à une image différente. Chaque image apparaissait deux fois pendant l'entraînement : une fois comme image cible, une fois comme distracteur.

#### 6.2.4.3 Entrainement principal

Pour l'entraînement principal, 768 questions polaires ont été construites, réparties en trois sessions correspondant à un type de verbe. Pour la première, des verbes dont le morphème du passé se prononce /ɪd/ ont été sélectionnés. La deuxième regroupait des verbes dont le morphème du passé se prononce /t/ ou /d/, et la

troisième uniquement des verbes irréguliers. Afin d'éviter que les éventuels d'effets d'entraînement soient dus à une familiarisation avec les verbes utilisés pendant l'expérience EEG, des verbes différents ont été inclus dans l'entraînement. Chaque session comportait donc 256 phrases, réparties équitablement entre les deux auxiliaires (DO et HAVE) au présent et au passé (32 phrases par catégorie). La moitié des phrases avait pour sujet un pronom (« *he* », « *she* », « *they* » ou « *you* »), et l'autre moitié, un groupe nominal composé d'un déterminant et d'un nom. Il y avait autant de sujets singuliers que pluriels. Pour chaque question entendue, trois propositions de réponses étaient apportées. Celles-ci ne reprenaient pas nécessairement le même verbe ni le même sujet que la question ; elles ont été composées pour être sémantiquement congruentes ou non avec celle-ci. Elles pouvaient donc contenir les mêmes mots que les questions, des synonymes, des antonymes, ou des mots sans liens avec l'interrogation.

## 6.2.5 Préparation des stimuli

### 6.2.5.1 Préparation commune à tous les stimuli

Tous les stimuli ont été enregistrés dans une salle insonorisée par une locutrice native de l'anglais. Cette locutrice, originaire de Melbourne en Australie, a été choisie pour son accent neutre et son rythme de parole naturellement peu rapide, afin que des problèmes de compréhension ne viennent pas perturber l'expérience. Cet enregistrement a été réalisé avec un micro Audio Technica AT2020 USB à l'aide du logiciel ROCmē ! (Ferragne *et al.*, 2012), et les stimuli ont été convertis au format PCM mono avec un taux d'échantillonnage de 44.1 kHz et une résolution de 16 bits. Ils ont ensuite été corrigés pour être le plus proche possible des stimuli originaux. Les courbes de réponse fréquentielle du micro et du casque (BeyerDynamics DT770 Pro - 250 Ohms) utilisés pour l'expérience ont été additionnées et inversées grâce au logiciel Audacity (version 2.0.3, 2013) ; les stimuli ont ensuite été égalisés en appliquant au signal un banc de filtre calculé à partir de cette courbe inversée, afin de corriger la distorsion occasionnée par le matériel d'enregistrement et d'écoute. L'amplitude des stimuli a été modifiée de sorte qu'ils aient tous une intensité RMS équivalente, moyennée à 70 dB SPL, à l'aide du logiciel Praat (Boersma et Weenink, 2015). Un silence de 50 ms a été ajouté au début et à la fin de chaque son.

### 6.2.5.2 Stimuli pour l'expérience en EEG

**Marquage** Les stimuli utilisés pour l'expérience en EEG ont été convertis au format stéréo pour les besoins du logiciel Presentation (Neurobehavioral Systems, 2012) utilisé pour la présentation des stimuli. Le point critique — moment auquel étaient ensuite synchronisées les réponses en potentiels évoqués — choisi était, conformé-

ment aux recommandations de la littérature (Hasting et Kotz, 2008; Steinhauer, 2013), le début du morphème du passé, soit la fin de la forme radicale du verbe et donc l'instant où la phrase devient définitivement incorrecte ou non. Ce point critique a été marqué temporellement pour chaque stimulus de l'expérience EEG grâce au logiciel Praat.

**Listes de présentation et pseudo-randomisation** Pour la partie de l'expérience en EEG, chaque participant entendait donc un total de 432 stimuli, dont 192 stimuli critiques, 120 stimuli comportant une autre violation syntaxique, et 120 stimuli sémantiquement incorrects. Il y avait 4 versions des stimuli critiques et 2 versions des distracteurs syntaxiques. Afin d'assurer une répartition égale de l'ordre d'apparition des versions, 16 listes de présentations ont été élaborées, représentant donc une liste par participant pour chaque groupe. Dans chaque liste, les stimuli ont été divisés en deux blocs, afin que, pour les distracteurs syntaxiques, le même nom critique n'apparaisse qu'une seule fois par bloc. Au sein de chaque bloc, les stimuli ont été ordonnés de manière pseudo-aléatoire selon les règles suivantes :

1. Deux items de l'exacte même catégorie<sup>18</sup> ne pouvaient pas se suivre, sauf dans le cas des distracteurs sémantiques.
2. Deux distracteurs sémantiques au maximum pouvaient se suivre.
3. On ne pouvait trouver plus de deux items de la même condition (Correct / Incorrect) à la suite pour les items des catégories grammaticales (stimuli critiques et distracteurs syntaxiques).
4. On ne pouvait trouver plus de trois items incorrects à la suite (comprenant donc un ou deux distracteur(s) sémantique(s)).

L'ordre d'apparition des blocs a été contrebalancé parmi les participants.

## 6.3 Procédure

### 6.3.1 Session 1 : Pré-test

#### 6.3.1.1 Questionnaire d'historique d'apprentissage des langues

Avant la première session, les participants remplissaient en ligne un formulaire recueillant des informations sur leur langue maternelle et les autres langues apprises

---

18. Pour les stimuli critiques, les catégories d'items correspondaient aux combinaisons des variables suivantes : allophone (/ɪd/ ou /t/), auxiliaire (*Did* ou *Had*) et condition (Correct / Incorrect). Pour les distracteurs syntaxiques, les catégories correspondaient aux combinaisons des variables suivantes : déterminant (*That* ou *Those*) et condition (Correct / Incorrect). Les distracteurs sémantiques formaient une seule catégorie.

depuis l'enfance. Ce questionnaire permettait de vérifier que les sujets correspondaient bien aux exigences de recrutement de l'expérience. Il comportait des questions sur l'âge d'acquisition de l'anglais, le temps d'immersion en pays anglophone, les facteurs ayant contribué à l'apprentissage de l'anglais, l'exposition à l'anglais et aux autres langues parlées, ou encore l'auto-évaluation du niveau d'anglais. Un questionnaire différent était proposé aux participants anglophones afin de recueillir des informations sur les langues qu'ils maîtrisaient. Les deux questionnaires peuvent être consultés en annexe (voir Annexes B p. 419 et C p. 425).

**Test d'Edimbourg** À leur arrivée au laboratoire, tous les participants complétaient le test de prévalence d'Edimbourg (Oldfield, 1971), qui permet, par une série de questions, de déterminer un quotient de latéralité manuelle du sujet.

#### 6.3.1.2 Audiogramme

Afin de vérifier que l'audition des participants était dans la norme correspondant à leur âge, tous ont passé un audiogramme à l'aide d'un audiomètre 600M USB d'Electronica Technologies. Les participants étaient assis dans une salle insonorisée avec un casque et devaient appuyer sur une poire de réponse chaque fois qu'ils entendaient un son. Les fréquences suivantes ont été testées : 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz et 8000 Hz. Pour déterminer le seuil d'audition des participants, la méthode de Hughson-Westlake (Carhart et Jerger, 1959) a été utilisée. Selon cette procédure, le stimulus audio, un son pur d'une durée de 1000 ms, est présenté premièrement à une intensité à laquelle les sujets peuvent entendre clairement (20 dB SPL). L'intensité est ensuite diminuée par intervalles fixes (10 dB dans notre cas). Chaque fois que les participants répondent, l'intensité est diminuée, et chaque fois qu'ils manquent un stimulus, elle est ré-augmentée (ici de 5 dB). Le seuil d'audition est l'intensité la plus faible que les sujets détectent deux fois sur trois. Les intensités testées allaient de -10 dB SPL à 25 dB SPL. Le premier stimulus avait une fréquence de 1000 Hz, puis les autres fréquences étaient testées dans l'ordre croissant jusqu'à 8000 Hz. Les fréquences les plus basses étaient ensuite présentées dans l'ordre croissant. Des intervalles aléatoires allant jusqu'à 3000 ms séparaient les stimuli. L'oreille droite était testée en premier.

#### 6.3.1.3 Test de niveau

Les participants francophones ont tous passé un court test de niveau comprenant deux volets. Le premier était une tâche de compréhension orale de type CLES2 (Certificat de Compétences en Langues de l'Enseignement Supérieur de niveau 2). Le niveau 2 du CLES correspond au niveau B2 du Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECR), niveau attendu à la sortie de l'enseignement

secondaire en France. Cette tâche de compréhension, intitulée *Denmark*, était issue du dossier de travail exemple disponible sur le site du CLES. Les participants devaient regarder un document vidéo d'environ trois minutes et répondre à des questions de compréhension.

La deuxième partie du test était une tâche de production orale spontanée. Les participants devaient parler pendant une minute pour répondre à une question visant à provoquer la production de verbes au passé. Après avoir lu la question, les participants avaient 20 secondes pour préparer leur production puis devaient parler dans un micro. Cette production était enregistrée grâce au logiciel Praat. Les participants devaient répondre à deux questions, ce qui donnait un total d'enregistrement de deux minutes par participant.

#### 6.3.1.4 Expérience EEG

Durant l'expérience, les participants étaient installés dans une salle insonorisée avec une lumière atténuee. Les stimuli étaient présentés auditivement à travers un casque Beyer Dynamics DT770 - 250 Ohms à 70 dBA, grâce au logiciel Presentation ([Neurobehavioral Systems, 2012](#)). La présentation des stimuli était la suivante (voir Figure 6.5) : une croix de fixation apparaissait à l'écran durant 500 ms, et restait visible pendant l'écoute du stimulus audio. Cette croix était toujours présente à l'écran durant 1000 ms après la fin du stimulus audio, jusqu'à l'apparition d'un écran invitant les participants à juger l'acceptabilité sémantique de la phrase entendue. La phrase « *Is this sentence semantically acceptable?* » apparaissait en haut de l'écran, accompagnée de deux carrés de couleur vert et rouge. Les participants avaient alors 2000 ms pour donner leur réponse en appuyant sur un bouton de couleur avec l'index ou le majeur de leur main droite. L'écran de réponse disparaissait dès que le participant avait répondu.

L'expérience était divisée en deux blocs contenant chacun autant de phrases de chaque type de violation, présentées dans un ordre pseudo-aléatoire selon les contraintes détaillées plus haut (voir Section 6.2.5.2). Chaque bloc comportait 3 pauses. L'expérience était précédée de la présentation de consignes en anglais et de 10 phrases d'entraînement permettant au participant de se familiariser avec la procédure et les boutons de réponse. Les consignes étaient explicitées par l'expérimentatrice et les participants pouvaient demander tous les éclaircissements nécessaires avant de commencer la tâche. Cette partie de l'expérience durait environ 40 minutes.

#### 6.3.1.5 Jugement de grammaticalité en temps limité

Après l'expérience en EEG, les participants complétaient un jugement de grammaticalité programmé et administré à l'aide du logiciel Praat. La procédure était la suivante (voir Figure 6.6) : les participants voyaient un écran vide pendant 500 ms,

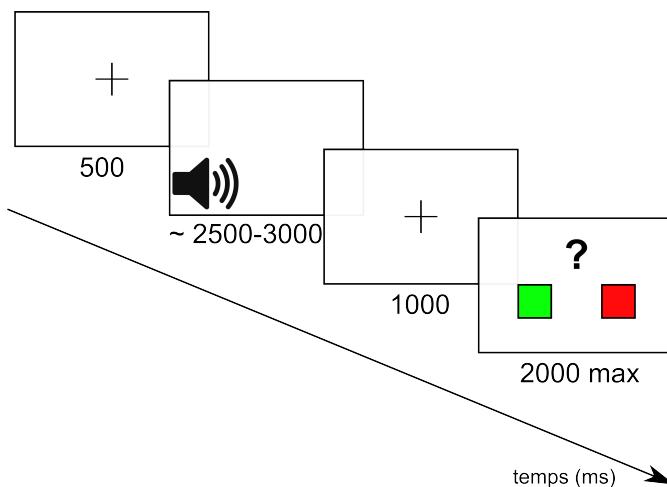


FIGURE 6.5 – Procédure de présentation des stimuli pendant l'enregistrement du signal EEG

puis entendaient le stimulus audio dans un casque. Un écran blanc suivait pendant 200 ms, puis les participants devaient évaluer l'acceptabilité de la phrase en appuyant sur un bouton de couleur avec la main droite. Ils avaient jusqu'à deux secondes pour répondre. Dès leur réponse, l'écran blanc apparaissait de nouveau avant le stimulus suivant. Cette tâche durait environ 10 minutes.

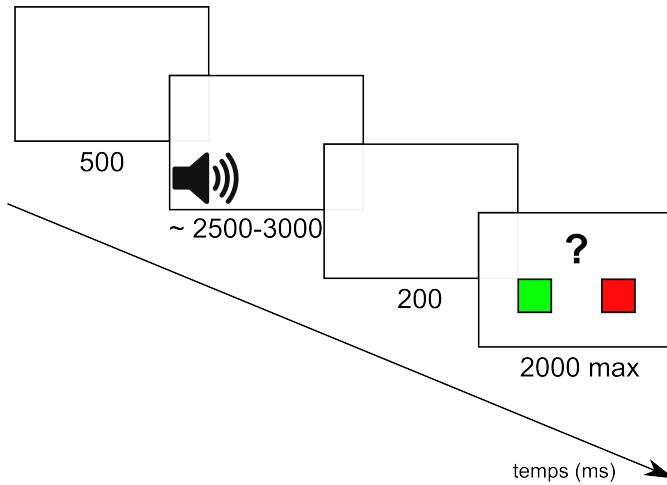


FIGURE 6.6 – Procédure pour le jugement de grammaticalité du pré-test

### 6.3.1.6 Textes à trous

Après avoir accompli les autres tâches du pré-test, les participants étaient soumis à un exercice visant à évaluer leur maîtrise explicite de la grammaire de leur L2. Ils devaient compléter des phrases à trous en mettant le verbe à la bonne forme ou en choisissant le bon déterminant parmi ceux proposés. Les participants pouvaient prendre le temps de choisir leur réponse et revenir sur leurs choix autant qu'ils le désiraient. Cette tâche durait environ 5 minutes.

## 6.3.2 Session 2 à 4 : Entraînements

Tous les entraînements ont été programmés et administrés avec le logiciel Praat.

### 6.3.2.1 Entraînement initial

**Entraînement initial explicite** Pour cet entraînement, les participants travaillaient en autonomie et à leur rythme sur l'ordinateur. Une fois le programme démarré, ils lisraient les explications grammaticales données et écouterait les exemples enregistrés. Leur consigne était de bien prêter attention aux explications présentées afin de pouvoir répondre à un petit quiz à l'issue de l'entraînement. Les explications étaient identiques à chaque session d'entraînement, mais le quiz présenté ensuite était différent et de difficulté croissante. Ce quiz final permettait de vérifier que les participants avaient lu attentivement et compris les explications. Les réponses au quiz ainsi que le temps de réponse pour chaque question étaient enregistrés par le programme. Cette partie de l'expérience durait entre 5 et 8 minutes.

**Entraînement initial implicite** Dans cette tâche, les participants écoutaient les stimuli présentés en Section 6.2.4.2 p. 144 et, pour chacun, ils devaient choisir l'image correspondant à la phrase entendue parmi deux propositions en appuyant sur les touches « V » ou « N » du clavier. Il n'y avait pas de limite de temps pour cette tâche et aucun feedback n'était donné. Le but affiché de cet entraînement était d'apprendre du vocabulaire difficile en anglais. Les consignes précisaien au participant qu'il devrait choisir l'image correspondant à la phrase entendue le plus vite possible, et qu'il serait testé ensuite sur le vocabulaire appris. Après avoir écouté tous les stimuli, 9 images correspondant aux 9 mots présentés pendant l'entraînement apparaissaient à l'écran pour le test de vocabulaire. Les participants entendaient chacun de ces mots de manière isolée, et devaient choisir l'image correspondant à chaque mot. Aucun feedback n'était donné immédiatement, mais le score au test de vocabulaire était affiché à l'issue de celui-ci. La performance des participants pour chaque stimulus, leur temps de réponse et leur score au test de vocabulaire étaient enregistrés. Cette partie de l'entraînement durait entre 7 et 9 minutes.

### 6.3.2.2 Entrainement principal

L'entraînement principal était commun aux deux groupes. Les participants entendaient la question dans leur casque, et devaient ensuite choisir la bonne réponse parmi les trois propositions en cliquant avec la souris. Aucune limite de temps n'était imposée pour répondre. Une fois la réponse donnée, un feedback était présenté après un intervalle de 500 ms. Ce feedback consistait simplement en la mention « CORRECT » ou « INCORRECT » et était affiché à l'écran pendant 1 s. Ensuite, l'écran redevenait blanc et le stimulus suivant était présenté. Le participant avait l'opportunité de prendre 3 pauses pendant l'entraînement et avait pour instructions de ne pas en prendre hors de ces moments dédiés.

Les consignes données au début de l'entraînement étaient de bien écouter la question entendue et de se concentrer sur son sens afin de choisir la bonne réponse. Le groupe Explicite avait comme consigne supplémentaire d'utiliser les règles et explications présentées lors de la première phase de l'entraînement lorsque cela était possible, afin de répondre plus rapidement.

Pour cette partie de l'entraînement, la réponse des participants ainsi que leur temps de réaction étaient enregistrés. La durée de cette tâche variait entre 40 et 55 minutes pour la première session et entre 30 et 50 minutes pour les sessions suivantes selon les participants.

### 6.3.3 Session 5 : Post-test

#### 6.3.3.1 Expérience EEG

Le déroulement de cette tâche était identique à celui de la session 1. Seuls les stimuli changeaient, selon les listes de présentations établies et détaillées dans la Section 6.2.5.2 p. 145.

#### 6.3.3.2 Jugement de grammaticalité, jugement de confiance et attribution de source

Cette tâche suivait la procédure utilisée dans les études récentes s'intéressant à l'apprentissage implicite du langage (Grey *et al.*, 2014; Rebuschat, 2009; Rogers *et al.*, 2016; Tagarelli *et al.*, 2015). La procédure était initialement identique à celle du jugement de grammaticalité du pré-test (voir Figure 6.7) : un écran vide était visible pendant 500 ms, puis l'écran restait blanc pendant toute la durée de l'écoute du stimulus audio et encore durant 200 ms après la fin du stimulus. Les participants avaient ensuite jusqu'à 2000 ms pour juger de l'acceptabilité de la phrase entendue. Une fois qu'ils avaient répondu, un écran apparaissait aussitôt leur demandant d'évaluer leur confiance dans le jugement qu'ils venaient d'effectuer. La réponse était choisie sur une échelle à quatre niveaux allant de « au hasard » (« guess ») à

« 100 % sûr » (« *100 % confident* »), avec deux valeurs intermédiaires (« *somewhat confident* » et « *very confident* »). Dès que cette réponse était apportée (en appuyant sur un des quatre boutons de couleur de la manette de réponse), un écran invitait les sujets à indiquer ce sur quoi ils s'étaient appuyés pour répondre au jugement de grammaticalité. Quatre choix étaient proposés : le hasard (« *guess* »), l'intuition (« *intuition* »), le souvenir d'une phrase entendue précédemment (« *memory* ») ou la règle (« *rule* »). Les participants devaient répondre :

1. « *guess* » s'ils n'avaient aucune idée de la réponse et avaient choisi totalement au hasard.
2. « *intuition* » s'ils pensaient avoir raison mais n'auraient pas su expliquer pourquoi.
3. « *memory* » s'ils avaient pris leur décision en se basant sur le souvenir d'une phrase entendue lors de l'entraînement.
4. « *rule* » s'ils avaient pris leur décision en se basant sur une règle de grammaire précise qu'ils pourraient formuler explicitement.

Cette tâche avait une durée d'environ 15 à 20 minutes.

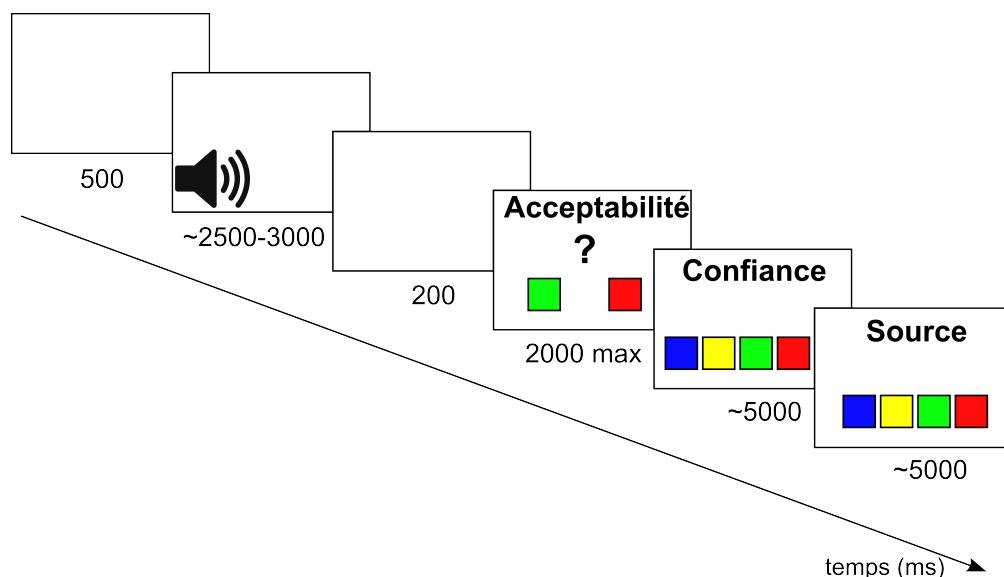


FIGURE 6.7 – Procédure pour le jugement de grammaticalité, le jugement de confiance et l'attribution de source

### 6.3.3.3 Test des connaissances explicites

Cette tâche était identique à celle de la session 1, avec une version différente des phrases proposées. La moitié des sujets voyait la version A à la première session et

la version B à la dernière session et inversement.

#### 6.3.3.4 Production orale

La tâche de production orale se déroulait selon la même procédure que lors de la session 1 (voir section 6.3.1.3 p. 147). Les sujets pour le monologue étaient cependant différents afin d'éviter qu'une éventuelle amélioration de la production soit due uniquement à la répétition de phrases dites précédemment. La moitié des participants voyait les sujets A à la première session et les sujets B à la dernière session, et inversement.

#### 6.3.3.5 Questionnaire final

À l'issue de l'expérience, les participants devaient remplir un questionnaire de debriefing permettant d'évaluer à quel point ils étaient conscients de la structure cible. Ce questionnaire était différent selon le groupe du participant et les deux exemplaires sont présentés en Annexe (voir Annexes G p. 441 et H p. 443). Les participants devaient indiquer les fautes de grammaire repérées lors du jugement de grammaticalité en temps réel et les structures sur lesquelles ils pensaient avoir été testés. Les participants du groupe Explicite devaient également rappeler les règles présentées lors des entraînements au début de l'expérience. Les participants du groupe Implicit devaient donner les règles de formation des questions au passé en anglais. Enfin, les participants devaient auto-évaluer leur maîtrise de la grammaire anglaise et indiquer s'ils s'appuyaient plutôt sur la grammaire ou l'intuition lors de leur production de phrases à l'écrit et à l'oral. Une question s'intéressait également à la maîtrise de la grammaire française que les participants pensaient avoir.

### 6.4 Acquisition des données EEG

L'enregistrement de l'**EEG** a été effectué avec le système BioSemi ActiveTwo à 32 électrodes actives placées aux positions suivantes : Fp1, Fp2, AF3, AF4, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, P7, P3, Pz, P4, P8, PO3, PO4, O1, Oz et O2 (voir Figure 6.8), enrichi de 8 électrodes externes. Les mouvements oculaires ont été relevés grâce à l'enregistrement des électro-oculogrammes verticaux et horizontaux au moyen d'un montage bipolaire de deux paires d'électrodes. L'enregistrement était référencé en temps réel à la moyenne de toutes les électrodes et re-référencé ensuite à la moyenne des deux mastoïdes. Les données étaient filtrées entre 0.1 et 100 Hz durant l'enregistrement. L'offset des électrodes (déviance moyenne par rapport au potentiel moyen du sujet déterminé par BioSemi) était maintenu à moins de 20 mV, et le signal était échantillonné à 512Hz.

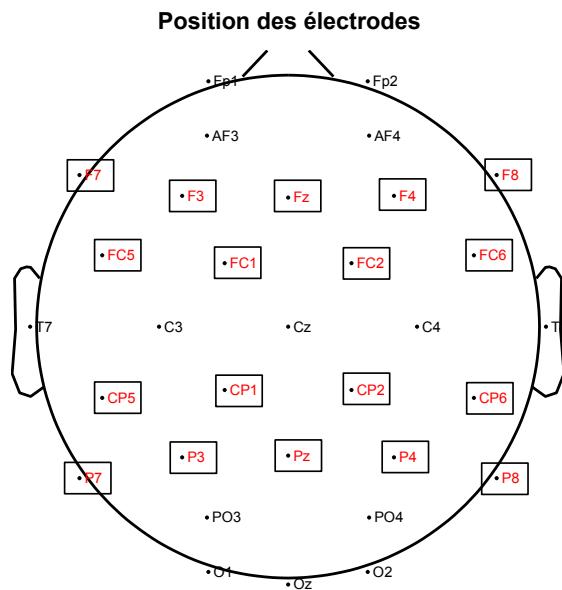


FIGURE 6.8 – Position des électrodes pour le système BioSemi ActiveTwo à 32 électrodes (les électrodes encadrées ont été incluses dans les analyses)

## 6.5 Analyses

### 6.5.1 Évaluation du niveau

#### 6.5.1.1 Compréhension orale

Les réponses des participants au test de compréhension orale ont été recueillies dans un formulaire et exportées sous forme de tableau. Chacune des dix questions était notée sur 1 point. Le participant pouvait recevoir une note de 0, 0.25, 0.5, 0.75 ou 1 selon la réponse proposée. Le score total de compréhension orale était la somme des points obtenus pour chaque réponse.

#### 6.5.1.2 Production

Les productions orales des participants ont été transcrrites au format .chat dans le logiciel CLAN ([MacWhinney, 2000](#)). Les erreurs ont été codées en adaptant les recommandations du format .chat (voir Annexe E).

## 6.5.2 Comportement

### 6.5.2.1 Jugement de grammaticalité en temps limité

Chaque réponse au jugement de grammaticalité a été codée selon les modalités de la théorie de la détection du signal (Tanner *et al.*, 1954). Un type de réponse a donc été attribué à chaque évènement : *Hit*, *Miss*, *Correct Rejection* ou *False Alarm* (voir Tableau 6.5). Un indice de sensibilité (indice de sensibilité ( $d'$ )) a ensuite été calculé pour chaque participant pour tous les types de phrases critiques ainsi que séparément pour chaque auxiliaire. Le pourcentage de réponses correctes a été calculé pour chaque participant et chaque auxiliaire. Un pourcentage de réussite a également été calculé séparément pour les phrases grammaticales et agrammaticales pour savoir plus précisément où se situaient les difficultés des participants.

|                     |                    | Réponse du participant   |              |
|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------|
|                     |                    | Grammatical              | Agrammatical |
| Phrase Grammaticale | <i>Hit</i>         | <i>Miss</i>              |              |
|                     | <i>False Alarm</i> | <i>Correct Rejection</i> |              |

TABLEAU 6.5 – Classification des réponses selon la théorie de la détection du signal

### 6.5.2.2 Jugement de confiance et attribution de source

Chaque réponse au jugement de grammaticalité a été codée selon les modalités de la théorie de la détection du signal de la même manière que pour le jugement de grammaticalité réalisé au pré-test (voir Tableau 6.5). Conformément à ce qui a été effectué dans d'autres études utilisant cette méthodologie (Rebuschat, 2013), un  $d'$  de confiance a été calculé pour chaque réponse. Pour ce faire, étaient pris en compte l'exactitude de la réponse du participant ainsi que le degré de confiance dans cette réponse. Ces paramètres permettaient d'attribuer à chaque réponse une catégorie correspondant à la théorie de la détection du signal (voir Tableau 6.6).

|                  |                    | Degré de confiance       |              |
|------------------|--------------------|--------------------------|--------------|
|                  |                    | Haut (3 ou 4)            | Bas (1 ou 2) |
| Réponse correcte | <i>Hit</i>         | <i>Miss</i>              |              |
|                  | <i>False Alarm</i> | <i>Correct Rejection</i> |              |

TABLEAU 6.6 – Classification des réponses pour le  $d'$  de confiance

### 6.5.2.3 Évaluation de la maîtrise explicite de la grammaire

Les réponses au texte à trous ont été rassemblées dans un tableau. Les erreurs ont été codées avec un format similaire au codage des erreurs du format .chat. Les erreurs purement morphologiques ont été distinguées des erreurs liées au temps et des erreurs sur les autres éléments formels de la phrase (notamment les déterminants). Pour chaque participant, plusieurs scores ont ensuite été calculés :

1. Un score *critique*, constitué du nombre d'erreurs réalisées sur les phrases critiques du test rapporté au nombre de ces phrases.
2. Un score *total*, constitué du nombre total d'erreurs de tous types (morphologie, temps, articles) réalisées rapporté au nombre total de phrases du test.

Ainsi, les scores des participants étaient comparables entre eux et entre les sessions, quelle que soit la version du test réalisée. Plus le score d'un participant était élevé, moins sa maîtrise explicite de la grammaire était bonne.

### 6.5.2.4 Jugement d'acceptabilité sémantique

Pendant la tâche EEG, les participants devaient évaluer l'acceptabilité sémantique des phrases entendues. Il était important de mesurer leur performance à cette tâche, qui permettait de vérifier qu'ils portaient attention aux phrases et qu'ils comprenaient l'anglais. Pour ce faire, un indice de sensibilité (*d'*) sémantique a également été calculé pour chaque participant, les *Hits* correspondant à l'acceptation des phrases sémantiquement correctes — et donc pour certaines d'entre elles, grammaticalement incorrectes. Au vu de la présence de ces phrases grammaticalement incorrectes qui pouvaient venir perturber le jugement d'acceptabilité sémantique, il était intéressant de mesurer la performance des participants d'un point de vue de l'acceptation des phrases grammaticales. En effet, pendant le déroulement de l'expérience, nous avons observé que beaucoup de natifs rejetaient systématiquement les phrases comportant une violation grammaticale, alors même que les consignes demandaient de se concentrer sur le sens des phrases. Ainsi, un deuxième indice de sensibilité, grammatical cette fois, a été calculé pour chaque participant. Les phrases comportant des violations sémantiques ont été écartées de ce calcul. Celles restantes ont été classées selon les modalités de la théorie de la détection du signal comme précédemment (voir Tableau 6.5), en fonction de leur statut grammatical. Ainsi, selon les différents *d'* des participants il était possible de savoir s'ils avaient accordé plus d'attention à l'aspect sémantique ou à l'aspect grammatical des violations.

### 6.5.2.5 Questionnaire final

Les réponses au questionnaire final ont fait l'objet d'un codage spécifique pour pouvoir être analysées quantitativement. Pour les deux groupes, l'évaluation de la

maitrise de la grammaire anglaise et française était exprimée sous forme d'une échelle à trois niveaux, qui ont été codés numériquement comme suit :

- 1 : je fais beaucoup de fautes
- 2 : il m'arrive de faire des fautes
- 3 : je ne fais jamais de fautes

Les participants devaient évaluer sur une échelle à quatre niveaux à quel point ils avaient recours à leur intuition et leurs connaissances grammaticales pour faire des phrases à l'oral et à l'écrit. Pour chacune de ces quatre questions, les réponses ont été codées comme suit :

- 1 : rarement
- 2 : plutôt peu
- 3 : plutôt souvent
- 4 : presque toujours

Les réponses aux autres questions permettant d'évaluer la maîtrise des règles grammaticales critiques et le degré de *conscience* des participants concernant le but de l'expérience ont été codées de manière comparable mais séparément pour chacun des deux groupes. À l'aide des réponses aux questions « Sur quelle(s) structure(s) de la langue anglaise étiez-vous testé ? » et « Donnez les règles régissant les fautes entendues lors du test d'acceptabilité grammaticale », les participants du groupe Implicit ont été classés comme Conscient ou Non Conscient de l'objet de l'expérience. Ils étaient classés comme Conscients s'ils mentionnaient le temps des auxiliaires, la concordance des temps, ou le présent. Le critère d'inclusion était volontairement assez large étant donné le caractère vague des questions, destinées à récupérer des informations sans trop aiguiller les participants vers la réponse attendue. Les réponses données à la question « Quelles sont les règles pour former les questions au passé en anglais ? » ont été classées en quatre catégories selon les critères suivants :

- *aucune* : aucune règle n'a été fournie.  
*ex.* « Je ne sais pas »
- *erronée* : la règle donnée est fausse.  
*ex.* : « *did* + sujet + verbe présent ; auxiliaire + *have* + sujet + *present* ou *past perfect* »
- *incomplète* : la règle fournie est correcte mais incomplète et notamment ne concerne pas le point critique de l'expérience : la présence du morphème du passé sur le verbe principal.  
*ex.* : « Auxiliaire en seconde place de la phrase (ou première s'il n'y a pas de mot interrogatif) - sujet - verbe - complément »
- *ok* : règle acceptée contenant une allusion au temps de l'auxiliaire ou à la forme du verbe principal, même si la règle n'est pas parfaitement énoncée.  
*ex.* : « Auxiliaire Do au présent (DID) + Sujet + verbe à l'infinitif; *Has/Have* + sujet + verbe au participe-passé »

Les participants du groupe Explicite ont été classés comme Conscients ou Non Conscients sur la base de leur réponse à la question « Sur quelle(s) structure(s) de la langue anglais étiez-vous testé ? ». Ils étaient classés comme Conscients s'ils mentionnaient le temps des auxiliaires, la conjugaison, la formation des questions au passé quelle que soit la formulation de la réponse. Les participants classés comme Non Conscients sont ceux qui ont répondu seulement « grammaire » ou « les modaux » et n'ont pu rappeler aucune des règles données au début de l'expérience. Les règles énoncées en réponse à la question « Rappelez les règles présentées au début de l'expérience » ont été classées selon les mêmes critères que pour le groupe Implicit dans les quatre même catégories.

### 6.5.3 EEG

Toutes les données EEG ont été incluses dans les analyses indépendamment de l'exactitude de la réponse comportementale. Les données EEG ont été analysées avec MATLAB version R2008b ([The Mathworks, 2008](#)) et les toolboxes EEGLAB ([Delorme et Makeig, 2004](#)) et ERPLAB ([Lopez-Calderón et Luck, 2014](#)).

#### 6.5.3.1 Pré-traitement et détection des artefacts

Des périodes de -300 à 1200 ms autour du point critique ont été extraites des données continues. Après l'application d'une correction selon la ligne de base (-300 à 0 ms) et d'un filtre passe-bas à 30 Hz, une décomposition en composantes indépendantes (ICA) a été réalisée dans EEGLAB avec l'algorithme `runica`. Les artefacts oculaires ont été identifiés parmi ces composantes et rejetés. Le rejet des artefacts a ensuite été réalisé selon la procédure suivante :

1. Un seuil de tension simple (*Single Voltage Threshold*) a été appliqué de -75 à  $75\mu\text{V}$  : les époques dans lesquels le signal était inférieur à  $-75\mu\text{V}$  ou supérieur à  $75\mu\text{V}$  étaient rejetées.
2. La détection avec une fenêtre mobile allant de pic en pic (*Moving Peak to Peak Window*) d'une largeur de 400 ms avec un pas de 50 ms a été appliquée sur les 32 électrodes ainsi que les électrodes contenant les canaux oculaires avec un seuil de  $50\mu\text{V}$  à  $70\mu\text{V}$ , adapté selon les participants afin de détecter les artefacts réels.
3. Les performances de la détection automatique ont été vérifiées avec une inspection visuelle, mais aucun rejet manuel n'a été effectué.

#### 6.5.3.2 RIDE

Les données en potentiels évoqués (ERP) sont communément analysées en moyennant le signal de tous les essais individuel par condition et par sujet. Cependant, les

composantes en potentiels évoqués varient souvent en terme de latence d'un essai à un autre chez un même sujet, ce qui compromet les présupposés sur lesquels s'appuient l'analyse classique, notamment celui que les composantes se trouvent toutes à une latence proche ou du moins distribuée suivant une loi normale. Cela conduit à des résultats moins nets, mais peut aussi provoquer des effets artificiels ou effacer des effets réels (Ahmadi et Quian, 2013; Ouyang *et al.*, 2011a, 2016; Poli *et al.*, 2010). Pour remédier à cela, nous avons appliqué une méthode développée par Ouyang, Zhou et Sommer (Ouyang *et al.*, 2011a, 2013, 2015, 2016) : la décomposition des résidus par itération ou *Residue Iteration Decomposition* (RIDE). Cette méthode permet de distinguer des groupes de composantes superposées dans le signal et étant potentiellement associées à des processus cognitifs différents (Ouyang *et al.*, 2013). Ouyang *et al.* (2016) montre que décomposer et reconstruire les ERP avec RIDE permet de restaurer des effets de condition lorsque la variabilité de latence entre les essais les rend flous, sans pour autant déformer le reste du signal.

RIDE s'appuie sur l'idée que toute l'information sur la variabilité inter-essais est présente dans les résidus et donc dans la différence entre chaque essai et le signal moyen (voir Ouyang *et al.*, 2011a, 2015, 2016). En calculant la moyenne des résidus alignés sur la latence correcte, il est donc possible de restaurer l'aspect de la composante ERP dont la latence varie. Il est alors possible de modifier l'aspect du signal ERP moyen de départ, d'obtenir de meilleurs résidus pour les essais individuels et donc une meilleure estimation de la latence. En répétant l'opération jusqu'à ce que les résidus soient quasi nuls, on obtient ainsi la meilleure estimation de la latence de la composante étudiée. RIDE décompose le signal ERP de chaque essai en deux ou trois composantes : une composante liée au début du stimulus S, une composante centrale C et, éventuellement, une composante liée à la réponse du participant R. Seule la latence des deux dernières varie et est estimée par le modèle.

Cette analyse a été appliquée aux données EEG grâce à la toolbox RIDE pour MATLAB mise à disposition par ses créateurs (Ouyang *et al.*, 2011b). L'estimation a été réalisée pour chaque Auxiliaire (*Did / Have*) et chaque Condition (*Correct / Incorrect*). La composante C était recherchée dans une fenêtre entre 200 et 1000 ms.

#### 6.5.3.3 Régions d'intérêt

Les électrodes ont été réparties en 6 régions d'intérêt prenant en compte l'hémisphère (Gauche / Ligne Médiale / Droit) et la région (Antérieure / Postérieure) (voir Tableau 6.7).

#### 6.5.3.4 Analyses statistiques

Les fenêtre d'analyse suivantes ont été retenues :

- 500-900 ms pour la P600

|                      | <b>Antérieur</b> | <b>Postérieur</b> |
|----------------------|------------------|-------------------|
| <b>Gauche</b>        | FC1, FC5, F3, F7 | CP1, CP5, P3, P7  |
| <b>Ligne Médiale</b> | Fz               | Pz                |
| <b>Droite</b>        | FC2, FC6, F4, F8 | CP2, CP6, P4, P8  |

TABLEAU 6.7 – Répartition des électrodes par région d'intérêt

– 200-400 ms pour les négativités antérieures (N400 ou LAN)

Les données ont été analysées à l'aide de modèles linéaires à effets mixtes, qui présentent un certain nombre d'avantages par rapport aux traditionnelles ANOVAs à mesures répétées. Entre autres, ils sont plus adaptés pour traiter les données manquantes et les données répétées par participants et items (Linck et Cummings, 2015). Les analyses ont été réalisées dans R version 3.3.2 (R Core Team, 2014) avec les packages `lme4` version 1.1.10 (Bates *et al.*, 2015b), `lmerTest` version 2.0-33 (Kuznetsova *et al.*, 2015) et `lsmeans` version 2.25 (Lenth, 2016). Conformément aux recommandations récentes de la littérature (Barr *et al.*, 2013; Bates *et al.*, 2015a; Linck et Cummings, 2015), la procédure suivante a été suivie pour trouver les modèles représentant le mieux les données :

1. Un premier modèle a été écrit avec la structure d'effets aléatoires et d'effets fixes maximale.
2. Si ce modèle ne convergeait pas, la structure des effets aléatoires était progressivement réduite jusqu'à convergence du modèle, en commençant par retirer l'interaction de plus haut niveau. Les termes du modèle final sont rapportés dans l'Annexe en ligne Modèles complets de l'Expérience 1 pour chaque analyse détaillée.
3. Le modèle était soumis à une ANOVA de type III avec une évaluation approximative des degrés de liberté par la méthode de Satterthwaite (fonction `anova` du package `lmerTest`), afin d'obtenir une estimation des valeurs de *p*.
4. Les interactions de plus haut niveau étaient suivies de comparaisons appariées ajustées pour les comparaisons multiples grâce à la méthode de Tukey (*Honest Significant Difference*) (package `lsmeans`, fonctions `lsmeans` et `lstrends`).

Par souci de lisibilité, seuls les effets fixes inclus dans les modèles sont rapportés dans le texte des résultats. Pour les apprenants, les effets fixes dans les analyses des données en **ERP** comportaient les effets principaux de la Condition (Correct / Incorrect), la Session (pré-test / post-test), l'Hémisphère (Gauche / Ligne Médiale / Droit), la Compétence (Élevée / Faible) et le Groupe (Explicite / Implicite) ainsi que toutes les interactions impliquant le facteur Condition. Pour les natifs, les effets de Session et de Groupe n'étaient pas inclus dans le modèle puisqu'il y avait un seul groupe de natifs et une seule session de test. Afin de réduire la complexité des modèles pour

leur permettre de converger, des modèles différents ont été calculés pour chaque Région d'analyse (Antérieure et Postérieure).

L'analyse de certaines données comportementales (données binaires de type Exactitude) a nécessité le recours à des régressions logistiques à effets mixtes. Celles-ci ont été réalisées avec la fonction `glmer` du package `lme4`. Les estimations rapportées sont des Cotes (*odds*, soit la probabilité qu'un évènement survienne rapportée à la probabilité qu'il ne survienne pas) ou des Rapports de Cotes lorsque des paires sont comparées. Les valeurs de  $p$  ont été estimées grâce au test de Wald avec la fonction `Anova` du package `cars`. Les éventuels post-tests ont été réalisés avec la fonction `lsmeans` du package `lsmeans`.

#### 6.5.3.5 Intégration de la compétence

La compétence spécifique à la structure a été incluse comme facteur explicatif dans les modèles linéaires mixtes, sous la forme du *d'* dans le jugement d'acceptabilité grammaticale séparé<sup>19</sup>. Or, chez les natifs, un test de multimodalité de Hartigan (Hartigan et Hartigan, 1985; Hartigan, 1985) réalisé sur cette variable avec le package `diptest` pour R (Maechler, 2015) a montré que la distribution de la variable *d'* n'était pas unimodale ( $D=0.10$ ,  $p=.006$ ), comme on peut le voir sur la Figure 6.9. Une classification automatique avec la méthode des centres mobiles (procédure `kmeans` du package `stats`) a été utilisée pour répartir les participants en deux groupes de compétence. Le seuil de séparation des deux groupes est représenté par la ligne verticale sur la Figure 6.9. Les anglophones ont donc été répartis en deux groupes de Compétence (Élevée / Faible) selon que leur *d'* était inférieur ou supérieur à la valeur limite. Le nombre de valeurs dans chaque groupe de compétence était quasiment identique (Compétence Faible : 15 individus, Compétence Élevée : 17 individus).

Chez les apprenants, le test d'Hartigan n'a pas révélé la présence de caractère multimodal pour la distribution des données. La médiane a donc été utilisée pour répartir ces participants en deux groupes de compétence.

#### 6.5.3.6 Comparaison des apprenants avec les locuteurs natifs

Afin d'examiner l'existence de différences quantitatives dans les réponses en potentiels évoqués observées entre locuteurs natifs de l'anglais et apprenants, des analyses ont été menées sur la différence entre les deux conditions pertinentes pour chacun des cas examinés. Le facteur Session comportant deux niveaux pour les apprenants mais un seul pour les natifs, la comparaison entre les groupes ne pouvait

---

19. Ce *d'* a été calculé séparément pour chaque Auxiliaire chez les natifs, et pour chaque Auxiliaire et chaque Session pour les apprenants.

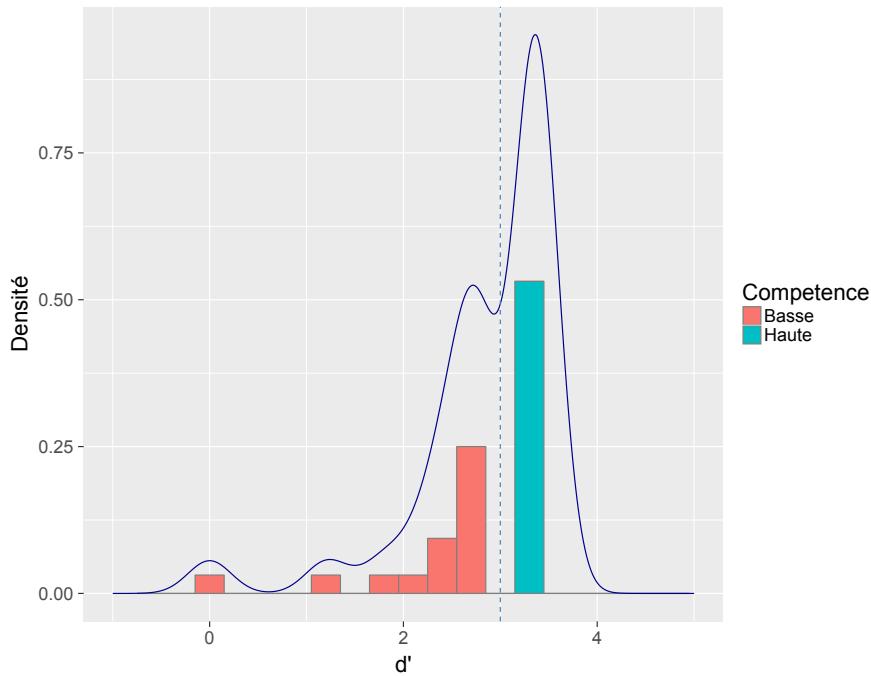


FIGURE 6.9 – Distribution du  $d'$  chez les locuteurs anglophones

pas être réalisée dans un seul modèle général : un modèle différent pour chaque Session a donc été calculé.

#### 6.5.3.7 Taille des effets

Conformément aux recommandations récentes dans le domaine de l’acquisition des langues secondes (Norris *et al.*, 2015), les tailles des effets significatifs ont été calculées selon les mesures suivantes :

1.  **$\eta^2$  partiel**, d’après la formule  $\frac{SC_{Effect}}{SC_{Effect} + SC_{Erreur}}$ , soit la somme des carrés de l’Effet divisée par l’addition de la somme des carrés de l’Effet et de la somme des carrés de l’Erreur. L’ $\eta^2$  partiel représente la proportion de la variance expliquée par la variable par rapport au total de la variance non expliquée par les autres facteurs inclus dans le modèle. L’ $\eta^2$  partiel est rapporté ici plutôt que l’ $\eta^2$  général (qui donne la proportion de la variance totale expliquée par la variable) car l’ $\eta^2$  général n’est pas comparable entre les études puisqu’il dépend du nombre de variables incluses dans un modèle en particulier (Lakens, 2013).
2.  **$d$  de Cohen**, d’après la formule  $\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{ET_{combiné}}$ , soit la moyenne empirique de la différence entre les deux conditions comparées divisée par l’écart-type combiné. Ce dernier est obtenu par la formule  $\sqrt{\frac{(n_1-1)ET_1^2 + (n_2-1)ET_2^2}{n_1+n_2-2}}$ , où  $n_1$  et  $n_2$  corres-

pondent au nombre d'observations dans chacune des conditions comparées et  $ET_1$  et  $ET_2$  à l'écart-type pour chaque condition.

3.  **$R^2$  conditionnel**, estimé avec la fonction `r.squaredGLMM` du package `MuMIn` ([Bartón, 2018](#)). Cette mesure, adaptée aux régressions logistiques binomiales, indique la variance expliquée par à la fois les effets fixes et aléatoires, c'est-à-dire par le modèle dans son intégralité.



# Chapitre 7

## Résultats

### Sommaire

---

|            |                                                                                   |            |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7.1</b> | <b>Évaluation de la compétence des participants . . . . .</b>                     | <b>166</b> |
| 7.1.1      | Compréhension orale . . . . .                                                     | 166        |
| 7.1.2      | Production orale . . . . .                                                        | 166        |
| 7.1.3      | Évaluation de la maîtrise explicite de la grammaire :<br>textes à trous . . . . . | 167        |
| 7.1.4      | Questionnaire final . . . . .                                                     | 168        |
| <b>7.2</b> | <b>Jugement d'acceptabilité sémantique . . . . .</b>                              | <b>172</b> |
| 7.2.1      | Locuteurs natifs . . . . .                                                        | 172        |
| 7.2.2      | Apprenants . . . . .                                                              | 172        |
| 7.2.3      | Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs .                              | 173        |
| <b>7.3</b> | <b>Jugement d'acceptabilité grammaticale – Performance</b>                        | <b>175</b> |
| 7.3.1      | Locuteurs natifs . . . . .                                                        | 175        |
| 7.3.2      | Apprenants . . . . .                                                              | 176        |
| 7.3.3      | Comparaison entre des apprenants et des locuteurs natifs                          | 178        |
| <b>7.4</b> | <b>Jugement d'acceptabilité grammaticale – Temps de<br/>réponse . . . . .</b>     | <b>180</b> |
| 7.4.1      | Locuteurs natifs . . . . .                                                        | 180        |
| 7.4.2      | Apprenants . . . . .                                                              | 180        |
| 7.4.3      | Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs .                              | 181        |
| 7.4.4      | Mesures de stabilité et d'automatisation . . . . .                                | 182        |
| <b>7.5</b> | <b>Jugement d'acceptabilité grammaticale – Confiance<br/>et Source . . . . .</b>  | <b>183</b> |
| 7.5.1      | Degré de confiance exprimé . . . . .                                              | 183        |
| 7.5.2      | Source de la décision . . . . .                                                   | 187        |
| <b>7.6</b> | <b>Potentiels évoqués . . . . .</b>                                               | <b>188</b> |

|       |                                                      |     |
|-------|------------------------------------------------------|-----|
| 7.6.1 | Natifs . . . . .                                     | 188 |
| 7.6.2 | Apprenants . . . . .                                 | 191 |
| 7.6.3 | Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs . | 197 |
| 7.6.4 | Différences individuelles . . . . .                  | 198 |

---

## 7.1 Évaluation de la compétence des participants

### 7.1.1 Compréhension orale

Les participants ont obtenu en moyenne un score de 6.20/10 au test de compréhension orale ( $ET^{20}=0.99$ ). La moyenne du score ne différait pas significativement selon les groupes ( $t=-0.26$ ,  $p>.1$ ). Les moyennes de score selon les groupes sont rapportées dans le Tableau 7.1.

| Groupe      | Explicite | Implicite |
|-------------|-----------|-----------|
| Score moyen | 6.16      | 6.25      |
| Écart-type  | 0.93      | 1.08      |

TABLEAU 7.1 – Score au test de compréhension orale par Groupe

### 7.1.2 Production orale

Un test de  $\chi^2$  sur la proportion de chaque type de verbes (auxiliaire/copule, verbe régulier, verbe irrégulier) utilisés au passé a montré une différence de fréquence d'utilisation en fonction du verbe ( $\chi^2(2)=567$ ,  $p<.0001$ ). Les participants utilisaient plus d'auxiliaires/copules que de verbes irréguliers, et plus de verbes irréguliers que réguliers (toutes valeurs de  $p<.0001$ ;  $M_{Aux}=58\%$ ,  $ET_{Aux}=17\%$ ,  $M_{Irr}=26\%$ ,  $ET_{Irr}=13\%$ ,  $M_{Reg}=16\%$ ,  $ET_{Reg}=10\%$ ). Ces résultats s'expliquent en partie par les niveaux de compétence variables des apprenants. Les auxiliaires et copules étaient beaucoup utilisés par tous les participants, certains — les plus faibles — n'utilisant que ceux-là. Les verbes irréguliers utilisés étaient majoritairement des verbes très fréquents (tels que GO, SEE, TAKE ou DO). Seuls les participants capables d'une production plus construite et plus fournie utilisaient des verbes réguliers. La proportion de verbes de chaque type utilisés par les apprenants de chaque Groupe et à chaque Session est détaillée dans le Tableau 7.2.

20. ET : Écart-type.

| Groupe    | Type de Verbe     | Pré-test          | Post-test         |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Explicite | Auxiliaire/Copule | 56 ( $\pm 16$ ) % | 59 ( $\pm 12$ ) % |
|           | Irrégulier        | 28 ( $\pm 13$ ) % | 27 ( $\pm 10$ ) % |
|           | Régulier          | 20 ( $\pm 11$ ) % | 16 ( $\pm 7$ ) %  |
| Implicite | Auxiliaire        | 59 ( $\pm 18$ ) % | 61 ( $\pm 24$ ) % |
|           | Irrégulier        | 26 ( $\pm 12$ ) % | 25 ( $\pm 16$ ) % |
|           | Régulier          | 17 ( $\pm 11$ ) % | 16 ( $\pm 9$ ) %  |

TABLEAU 7.2 – Proportion des verbes de chaque type (auxiliaire/copule, régulier ou irrégulier) utilisés dans la production orale

L’analyse de l’exactitude de la production par Type de verbe et Groupe<sup>21</sup> (Modèle 1<sup>22</sup>) a révélé un effet du Type de verbe ( $\chi^2(2)=46.52$ ,  $p<.0001$ ,  $R^2 c^{23}=0.45$ ). Les participants étaient plus performants avec les auxiliaires/copules qu’avec les verbes irréguliers (Cote<sup>24</sup>  $Aux-Irr=7.39$ ,  $ES^{25}=2.19$ ,  $z=6.75$ ,  $p<.0001$ ;  $P^{26} Aux=99\%$ ,  $P_{Irr}=90\%$ ) et réguliers (Cote<sub>Aux-Reg</sub>=5.66,  $ES=1.90$ ,  $z=5.18$ ,  $p<.0001$ ;  $P_{Reg}=92\%$ )

### 7.1.3 Évaluation de la maîtrise explicite de la grammaire : textes à trous

Un modèle a été calculé avec pour variable dépendante le Score sur les items critiques, et comme effets fixes la Session et le Groupe (Modèle 2). Ce modèle a révélé un effet significatif de la Session de test ( $F(1,30)=8.03$ ,  $p=.008$ ,  $\eta_p^2=0.21$ ,  $d=0.54$ ). Ainsi, le score était plus bas (indiquant un nombre d’erreurs moins élevé) lors du post-test ( $M=0.11$ ,  $ET=0.14$ ) que lors du pré-test ( $M=0.21$ ,  $ET=0.22$ ). Le score ne différait cependant pas selon le Groupe. Les participants ont donc bien acquis de

21. Le facteur Session n’a pas été inclus pour les raisons suivantes : le modèle, une régression logistique à effets mixtes, ne convergeait pas lorsque la Session était incluse, et un test de  $\chi^2$  n’a pas montré de différence dans les proportions d’occurrences correctes entre les deux sessions de test ( $\chi^2(208)=242$ ,  $p>.05$ ).

22. La numérotation renvoie à celle utilisée dans l’Annexe en ligne **Modèles complets de l’Expérience 1** dans laquelle les modèles complets sont rapportés, accessible à l’adresse suivante : [https://github.com/maudPE90/These/blob/master/Annexes\\_ModelesExpe1.pdf](https://github.com/maudPE90/These/blob/master/Annexes_ModelesExpe1.pdf).

23.  $R^2$  conditionnel, voir 6.5.3.7 p. 162.

24. La régression logistique binomiale fournit comme estimation de la différence la cote (*odds*), c’est-à-dire la probabilité qu’un évènement survienne divisé par la probabilité qu’il ne survienne pas. Dans notre cas, une cote notée *Cote<sub>A-B</sub>*=1.5 signifie que le verbe produit a 1.5 fois plus de chances d’être correct avec le facteur A que B.

25. ES : Erreur Standard.

26.  $P$  signale la probabilité estimée par le modèle que l’évènement (production d’une occurrence grammaticalement correcte) se produise avec le type de verbe indiqué en indice.

meilleures connaissances explicite des structures grammaticales rencontrées pendant l'entraînement, connaissances qu'ils ont pu appliquer dans cette tâche lors de laquelle ils ne subissaient pas de pression de temps, leur laissant tout le loisir d'aller récupérer ces informations en **mémoire déclarative**, comme le proposent les tenants du modèle Déclaratif / Procédural (Ullman, 2001a, 2004).

### 7.1.4 Questionnaire final

L'objectif du questionnaire final était d'une part d'estimer à quel point les participants étaient devenus conscients de ce sur quoi ils étaient testés, et d'autre part de recueillir quelques données sur les types de connaissances qu'ils pensaient mobiliser lors de leur utilisation de l'anglais. Sur 16 participants du groupe Implicite, 9 ont été classés comme Conscients parce que, à la question « Sur quoi avez-vous été testés ? », ils avaient mentionné le temps des auxiliaires, la concordance des temps, ou la construction des questions au passé. Ce type de question ayant parfois déstabilisé les participants, un critère d'inclusion très large a volontairement été utilisé pour classer ces participants comme conscients des points critiques testés. 4 participants du groupe Explicite ont quant à eux été classés comme Non Conscients car ils n'ont mentionné ni le temps ni les auxiliaires en réponse à cette question ou celle leur demandant de rappeler les règles données pendant l'expérience. Cette présence de participants Non Conscients parmi le groupe ayant reçu des instructions très explicites lors de l'entraînement peut s'expliquer par le fait que certains participants n'ont pas bien compris les questions de ce questionnaire final, et se sont comportés comme si elles portaient uniquement sur le post-test et non sur l'ensemble de l'expérience. D'autre part, certains participants ne sont semble-t-il pas parvenus à faire le lien entre le travail réalisé lors de l'entraînement et les phrases entendues lors de l'expérience en **EEG**.

Il était également demandé aux participants d'expliquer les règles de formation des questions au passé — pour le groupe Explicite, il s'agissait de rappeler les règles données au début des entraînements afin de voir si celles-ci avaient été assimilées. La répartition des réponses des participants de chaque groupe selon l'exactitude de ces règles est visible sur la Figure 7.1. Aucun participant du groupe Explicite n'a fourni de règle erronée, mais trois d'entre eux n'ont pas su restituer les règles de manière suffisamment complète (voir Chapitre 6, Section 6.5.2.5 pour les critères d'acceptation des règles), la plupart du temps car ils n'ont pas restitué les règles pertinentes pour la partie critique de l'expérience. Quatre d'entre eux n'ont pu se rappeler d'aucune règle. Six participants du groupe Implicite ont pu énoncer une règle satisfaisante pour la formation des questions au passé, démontrant qu'ils avaient bien une connaissance explicite satisfaisante de la règle. Trois participants de ce groupe ont cependant énoncé une règle fausse — parfois préconisant l'inverse de la combinaison correcte entre auxiliaire et présence du morphème du passé. Il faut

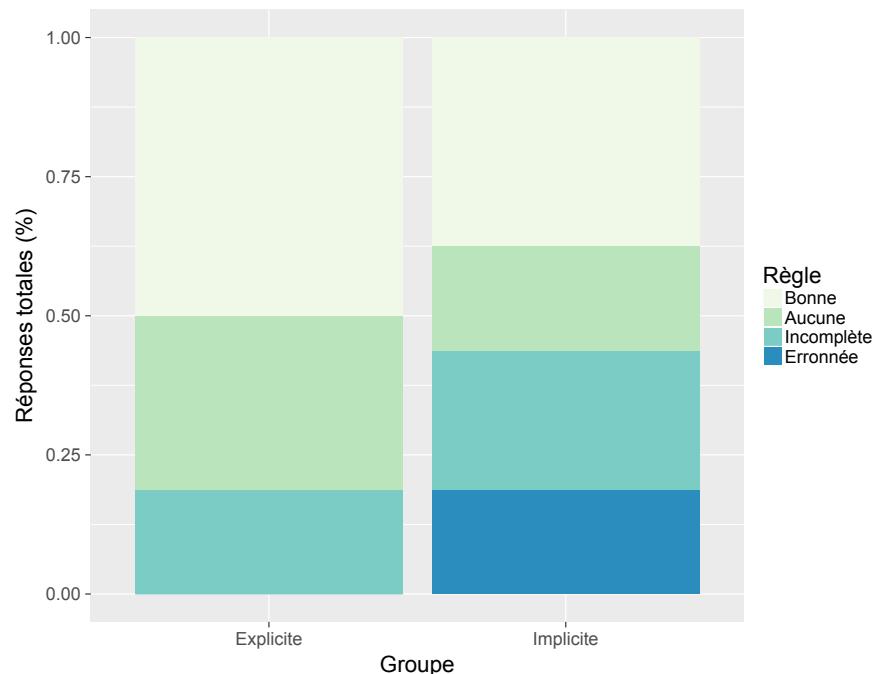


FIGURE 7.1 – Répartition des réponses des participants selon l'exactitude des règles données ou restituées

garder à l'esprit que ces réponses ne sont pas parfaitement comparables puisque les participants ne répondaient pas exactement à la même question. Les participants du groupe Implicit avaient pour instruction de donner « les règles de construction des questions au passé », ce qui permettait, lorsque le participant connaissait ces règles, de susciter une réponse plus précise pouvant généralement être classifiée comme correcte. En revanche, les participants du groupe Explicite devaient « rappeler les règles présentées au début de l'expérience ». La question n'étant pas aussi directe, les réponses des participants étaient plus facilement en dehors de celles qui étaient attendues. Certains participants ont rappelé d'autres règles que celles qui correspondaient aux stimuli critiques, ou ont omis d'apporter les précisions nécessaires sur le temps ou la concordance entre auxiliaire et verbe principal.

Un autre point d'intérêt dans ce questionnaire était d'interroger la perception que les participants avaient de leur degré d'utilisation de leurs **connaissances explicites** et implicites lors de leur emploi de l'anglais dans d'autres contextes. Il leur était demandé d'évaluer à quel point ils avaient recours à leur intuition ou à leurs connaissances grammaticales lorsqu'ils s'exprimaient à l'écrit et à l'oral sur une échelle à 4 niveaux (« rarement », « plutôt peu », « plutôt souvent », « (presque) toujours »). Au vu de la pression supplémentaire engendrée par une expression orale, il était attendu que les participants indiqueraient utiliser plus souvent l'intuition à l'oral, et

leurs connaissances grammaticales à l'écrit, ce qui correspond aux hypothèses que les **connaissances explicites** ont besoin de plus de temps pour être mobilisées. Les répartitions des réponses à ces quatre classifications sont visibles dans les Figures 7.2 et 7.3.

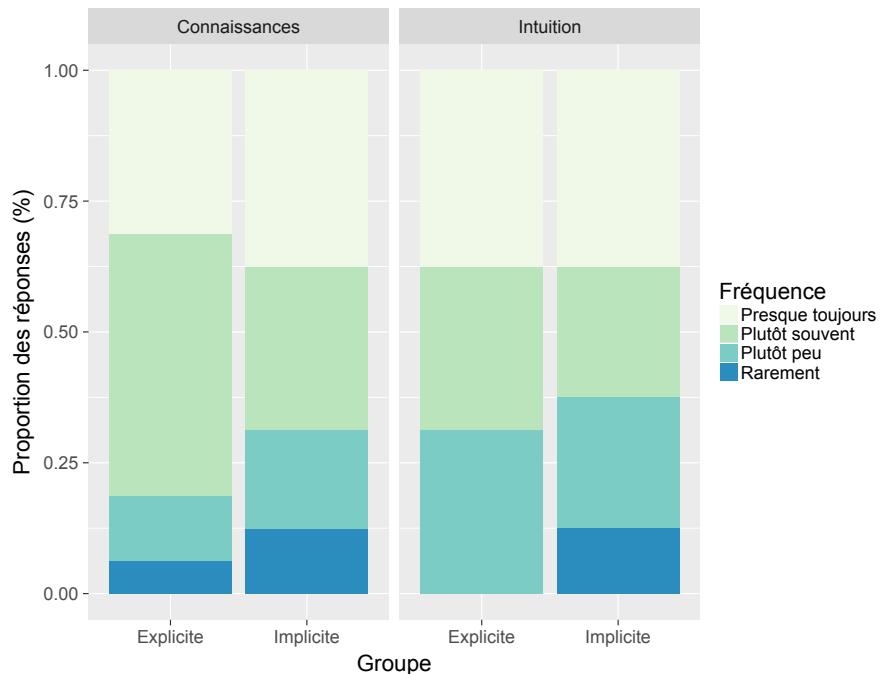


FIGURE 7.2 – Répartition des réponses pour l'évaluation de la fréquence d'utilisation des connaissances et de l'intuition lors de l'expression écrite

L'observation des réponses données pour l'expression écrite n'a pas révélé de différence entre les groupes. Il est intéressant de noter que les participants ont tout de même rapporté se servir de l'intuition de manière conséquente, et pas seulement de leurs connaissances. La proportion de participants ayant indiqué se servir régulièrement de l'intuition pour écrire (deux catégories supérieures « (presque) toujours » et « plutôt souvent ») est presque aussi grande que celle ayant indiqué se servir régulièrement de ses connaissances grammaticales. Cette utilisation rapportée de l'intuition, qui va à l'encontre de l'idée selon laquelle les apprenants ont tout le temps nécessaire pour mobiliser leurs **connaissances explicites** lorsqu'ils écrivent dans leur L2, peut s'expliquer par le fait que ces apprenants n'ont pour la plupart pas une très grande confiance dans leur maîtrise de la langue anglaise (une seule participante a indiqué qu'elle ne faisait « quasiment jamais de faute » et 14 des 31 participants restants (dont 10 du groupe Implicite) ont indiqué qu'ils faisaient « beaucoup de fautes »). Puisqu'ils n'ont pas toujours les **connaissances explicites**

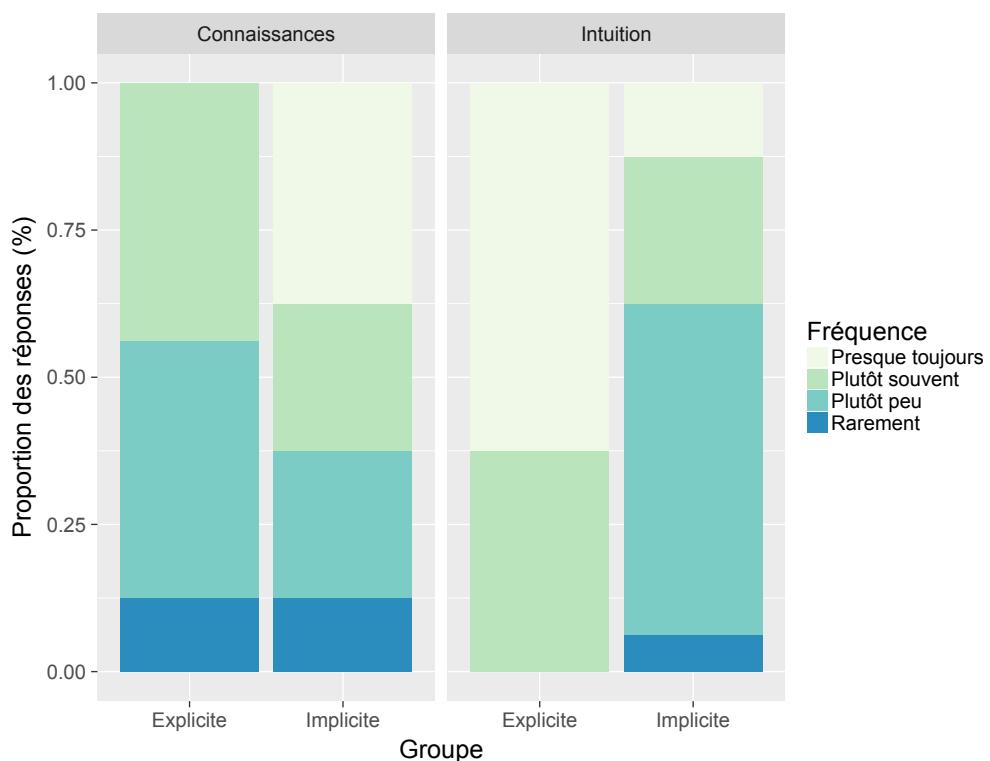


FIGURE 7.3 – Répartition des réponses pour l'évaluation de la fréquence d'utilisation des connaissances et de l'intuition lors de l'expression orale

nécessaires pour former leurs phrases, il est donc logique qu'ils rapportent recourir à leur intuition pour pallier ce manque ressenti.

Les résultats obtenus pour l'expression orale sont en revanche plus surprenants. Pour le groupe Explicite, les résultats sont proches de ceux auxquels on pouvait s'attendre : les participants rapportent utiliser essentiellement l'intuition (tous ont déclaré l'utiliser « (presque) toujours » ou « plutôt souvent »), et bien qu'une partie d'entre eux estime utiliser ses connaissances grammaticales « plutôt souvent » (7 participants), la majorité des réponses se situe plutôt dans les deux catégories inférieures, et aucun participant n'a déclaré y avoir recours « presque toujours ». En revanche, les résultats du groupe Implicite sont inattendus. La majorité d'entre eux (10 participants) a déclaré utiliser l'intuition « rarement » ou « plutôt peu » à l'oral, et la même proportion estime utiliser fréquemment ses connaissances grammaticales. La différence d'utilisation de l'intuition à l'oral entre les deux groupes était significative<sup>27</sup> : la probabilité que les participants du groupe Explicite jugent leur fréquence d'utilisation de l'intuition à l'oral comme plus élevée que les participants du groupe

27. Analyse réalisée avec le package `ordinal` de R

Implicite était de 96 % ( $z=3.50$ ,  $p=.0005$ ). À deux exceptions près, les participants ayant indiqué peu utiliser leur intuition à l'oral étaient les mêmes que ceux ayant indiqué avoir recours fréquemment à leurs connaissances grammaticales. Ces individus avaient donc le sentiment que, même dans une situation où ils subissaient une pression de temps telle qu'une prise de parole, ils avaient davantage recours à leurs **connaissances explicites**. Cela est peut-être dû à leur manque de confiance en eux et de maîtrise de la langue. La différence observée entre les deux groupes dans cette utilisation de l'intuition est certainement due au hasard de répartition des participants dans les groupes.

## 7.2 Jugement d'acceptabilité sémantique

### 7.2.1 Locuteurs natifs

La performance et le  $d'$  moyens pour les aspect sémantique et grammatical sont rapportés dans le Tableau 7.3. On peut voir que les participants ont un meilleur pourcentage de réussite sur l'aspect grammatical que sémantique ; cela correspond à leur tendance à fonder leur jugement sur la grammaticalité des stimuli, et donc à rejeter comme sémantiquement non acceptables les phrases grammaticalement incorrectes.

| Aspect Sémantique  | Performance (%) | $d'$        |
|--------------------|-----------------|-------------|
|                    | 60.39 (5.24)    | 1.45 (0.30) |
| Aspect Grammatical | Performance (%) | $d'$        |
|                    | 90.32 (7.43)    | 2.95 (0.65) |

TABLEAU 7.3 – Performance des locuteurs natifs au jugement d'acceptabilité sémantique (écart-type entre parenthèses)

### 7.2.2 Apprenants

La performance pour chaque Groupe et chaque Session de test est rapportée dans le Tableau 7.4. Les analyses avec le  $d'$  Sémantique comme variable dépendante (Modèle 3) ont révélé un effet marginalement significatif de l'interaction Groupe  $\times$  Session ( $F(1,30)=4.07$ ,  $p=.053$ ) et un effet marginalement significatif de la Session ( $F(1,30)=3.62$ ,  $p=.067$ ). Les participants du groupe Implicite semblent avoir obtenu un meilleur  $d'$  sémantique lors du post-test (s2) que lors du pré-test (s1) ( $M_{s2-s1}=0.31$ ,  $ES=0.11$ ,  $t(30)=2.77$ ,  $p=.010$ ,  $d=0.46$ ).

| Groupe     | Session   | <i>d'</i> Sémantique | Performance moyenne (%) |
|------------|-----------|----------------------|-------------------------|
| Explicite  | Pré-test  | 1.46 (0.64)          | 70.70 (10.75)           |
|            | Post-test | 1.45 (0.70)          | 72.72 (11.29)           |
| Implicithe | Pré-test  | 1.26 (0.61)          | 71.60 (8.94)            |
|            | Post-test | 1.57 (0.73)          | 78.52 (8.70)            |

TABLEAU 7.4 – Performance des apprenants au jugement d'acceptabilité sémantique (écart-type entre parenthèses)

| Session   | Groupe     | Gramm. | Did     | Had     |
|-----------|------------|--------|---------|---------|
| Pré-test  | Explicite  | C      | 75 (15) | 79 (12) |
|           |            | I      | 63 (27) | 55 (26) |
|           | Implicithe | C      | 79 (11) | 76 (12) |
|           |            | I      | 68 (24) | 62 (15) |
| Post-test | Explicite  | C      | 84 (14) | 84 (11) |
|           |            | I      | 57 (30) | 56 (29) |
|           | Implicithe | C      | 87 (8)  | 86 (6)  |
|           |            | I      | 79 (19) | 76 (21) |
| –         | Natifs     | C      | 95 (22) | 87 (33) |
|           |            | I      | 5 (21)  | 12 (33) |

TABLEAU 7.5 – Proportion moyenne d'items critiques classés comme sémantiquement acceptable (%) par Grammaticalité, Auxiliaire, Session et Groupe (Gramm. : Grammaticalité; C : Correct, I : Incorrect ; écart-type donné entre parenthèses)

### 7.2.3 Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs

Les performances des apprenants ont été comparées avec celles des natifs séparément pour chaque session.

**Au pré-test** L'effet du Groupe sur le *d'* Grammatical était significatif ( $F(2,45)=119.3, p<.001, \eta_p^2=0.84$ ). Les analyses post-hoc ont montré que le *d'* Grammatical des locuteurs natifs était supérieur à celui des participants des groupes Explicite ( $M_{NS-E}=2.52, t(45)=13.03, p<.0001, d=4.03$ ) et Implicithe ( $M_{NS-I}=2.65, t(45)=13.70, p<.0001, d=5.08$ ). Les locuteurs natifs détectaient mieux les violations grammaticales que les apprenants, ou du moins choisissaient moins de les ignorer au profit de l'acceptabilité sémantique pure : ils considéraient presque toutes les phrases contenant des violations grammaticales comme sémantiquement non acceptables (voir Tableau 7.5 et Figure 7.5). L'effet du Groupe sur le *d'* Sémantique n'était pas significatif. La performance moyenne de chaque groupe sur l'aspect grammatical

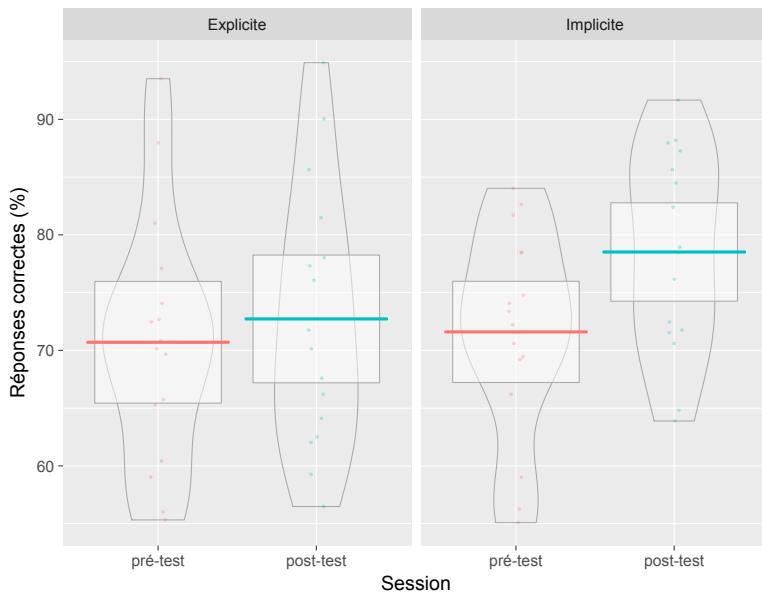


FIGURE 7.4 – Performance des apprenants au jugement d'acceptabilité sémantique (Dans les graphiques de ce type, appelés « Diagrammes pirates », la barre horizontale indique la moyenne, la boîte correspond à l'intervalle de confiance à 95 %, et le diagramme en violon montre la densité de la distribution.)

et sémantique au pré-test est rapportée dans le Tableau 7.6.

| Groupe    | Perf. Grammaticale    |                     | Perf. Sémantique      |                     |
|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|           | Perf. (%)             | $d'$                | Perf. (%)             | $d'$                |
| Natifs    | 90.32 ( $\pm 7.43$ )  | 2.95 ( $\pm 0.65$ ) | 60.39 ( $\pm 5.24$ )  | 1.45 ( $\pm 0.30$ ) |
| Explicite | 56.97 ( $\pm 10.37$ ) | 0.42 ( $\pm 0.60$ ) | 70.70 ( $\pm 10.75$ ) | 1.46 ( $\pm 0.64$ ) |
| Implicit  | 54.77 ( $\pm 5.88$ )  | 0.30 ( $\pm 0.35$ ) | 71.60 ( $\pm 8.94$ )  | 1.26 ( $\pm 0.61$ ) |

TABLEAU 7.6 – Performance moyenne au jugement d'acceptabilité sémantique sur les aspects Grammatical et Sémantique au pré-test (Perf : Performance)

**Au post-test** L'effet du Groupe sur le  $d'$  Grammatical était encore une fois significatif ( $F(2,45)=96.83$ ,  $p<.01$ ,  $\eta_p^2=0.81$ ) : le  $d'$  des locuteurs natifs était largement supérieur à celui deux groupes d'apprenants ( $M_{NS-E}=2.34$ ,  $t(45)=11.09$ ,  $p<.0001$ ,  $d=3.52$ ;  $M_{NS-I}=2.71$ ,  $t(45)=12.83$ ,  $p<.0001$ ,  $d=4.92$ ). Les locuteurs natifs étaient donc toujours plus sensibles aux violations grammaticales, même après l'entraînement. L'effet du Groupe sur le  $d'$  Sémantique n'était pas significatif et les trois groupes avaient des  $d'$  similaires. La performance moyenne de chaque groupe sur

l'aspect grammatical et sémantique au post-test est rapportée dans le Tableau 7.7.

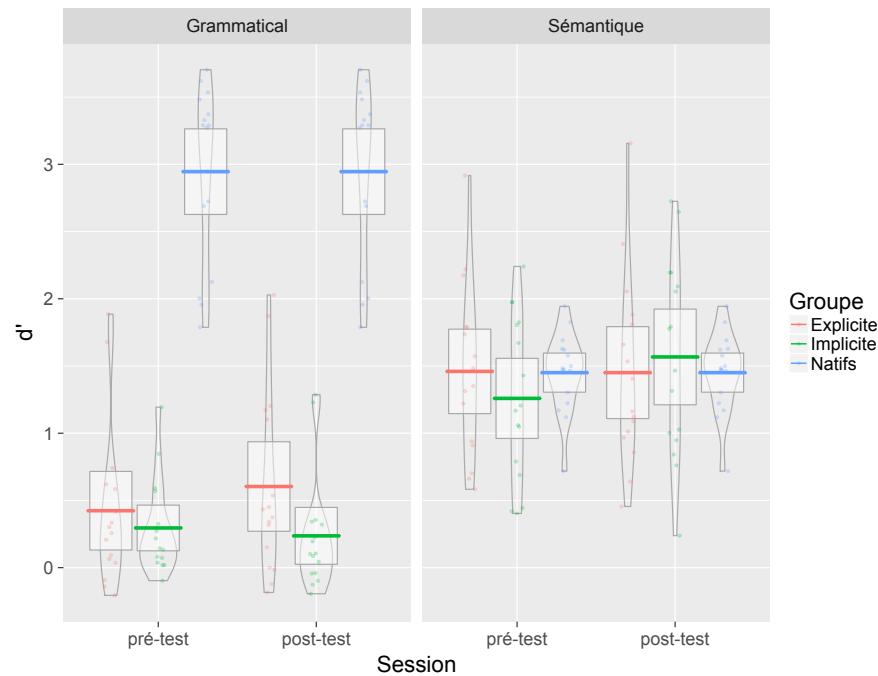


FIGURE 7.5 –  $d'$  Grammatical et Sémantique par Groupe et par Session de test

| Groupe    | Perf. Grammaticale    |                     | Perf. Sémantique      |                     |
|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|           | Perf. (%)             | $d'$                | Perf. (%)             | $d'$                |
| Nativs    | 90.32 ( $\pm 7.43$ )  | 2.95 ( $\pm 0.65$ ) | 60.39 ( $\pm 5.24$ )  | 1.45 ( $\pm 0.30$ ) |
| Explicite | 60.14 ( $\pm 11.24$ ) | 0.60 ( $\pm 0.68$ ) | 72.72 ( $\pm 11.29$ ) | 1.45 ( $\pm 0.70$ ) |
| Implicit  | 53.33 ( $\pm 6.79$ )  | 0.24 ( $\pm 0.43$ ) | 78.52 ( $\pm 8.70$ )  | 1.57 ( $\pm 0.73$ ) |

TABLEAU 7.7 – Performance moyenne au jugement d'acceptabilité sémantique sur les aspects Grammatical et Sémantique au post-test (Perf. : Performance)

## 7.3 Jugement d'acceptabilité grammaticale – Performance

### 7.3.1 Locuteurs natifs

Le jugement d'acceptabilité grammaticale n'a pas posé de difficulté aux locuteurs natifs, comme en témoigne leur performance élevée ( $M=94\%$ ,  $ET=8.11\%$  ;

$M_{d'}=2.88$ ,  $ET_{d'}=0.59$ ).

### 7.3.2 Apprenants

Les analyses du *d'* (Modèle 4) ont révélé un effet principal de la Session ( $F(1,30)=5.32$ ,  $p=.029$ ,  $\eta_p^2=0.15$ ) et de l'Auxiliaire ( $F(1,30)=5.99$ ,  $p=.017$ ,  $\eta_p^2=0.09$ ) ainsi qu'un effet de l'interaction entre Auxiliaire et Groupe ( $F(1,30)=5.22$ ,  $p=.026$ ,  $\eta_p^2=0.08$ ). L'effet de l'Auxiliaire était limité au groupe Implicite ( $M_{Had-Did}=0.77$ ,  $ES=0.23$ ,  $t(57)=3.35$ ,  $p=.002$ ,  $d=0.65$ ), qui avait un meilleur *d'* pour les phrases avec l'auxiliaire *Had* ( $M_{Had,I}=1.05$ ,  $ET_{Had,I}=1.05$ ) que pour celles contenant *Did* ( $M_{Did,I}=0.27$ ,  $ET_{Did,I}=1.31$ ). Les participants du groupe Explicite avaient aussi un meilleur *d'* que ceux du groupe Implicite pour les phrases dans la condition Conflictuelle (avec *Did*) ( $M_{E-I}=0.89$ ,  $ES=0.38$ ,  $t(30)=2.36$ ,  $p=.025$ ,  $d=0.66$ ;  $M_{Did,E}=1.17$ ,  $ET_{Did,E}=1.38$ ;  $M_{Did,I}=0.27$ ,  $ET_{Did,I}=1.31$ ). Les participants des deux groupes confondus ont réalisé une meilleure performance indiquée par un meilleur *d'* lors du post-test (s2) que lors du pré-test (s1) ( $M_{s2-s1}=0.42$ ,  $ES=0.18$ ,  $t(30)=2.31$ ,  $p=.028$ ,  $d=0.33$ ;  $M_{s1}=0.71$ ,  $ET_{s1}=1.32$ ;  $M_{s2}=1.13$ ,  $ET_{s2}=1.21$ ).

L'analyse de l'exactitude de la réponse en fonction de la Grammaticalité, de la Session, du Groupe et de l'Auxiliaire (Modèle 5) a révélé plusieurs effets significatifs. Par brièveté, seules les deux interactions de plus haut niveau sont détaillées ici. La probabilité de répondre correctement en fonction de ces facteurs est rapportée dans le Tableau 7.8. L'interaction Grammaticalité × Session × Auxiliaire était significative ( $\chi^2(1)=4.27$ ,  $p=.039$ ,  $R^2c=0.43$ ). Les participants étaient plus performants pour accepter les items grammaticaux que pour rejeter les items agrammaticaux, au pré-test comme au post-test et avec les deux auxiliaires ( $RC^{28}_{Agr,Did,s1-Gram,Did,s1}=0.10^{29}$ ,  $ES=0.02$ ,  $z=-9.65$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{Agr,Had,s1-Gram,Had,s1}=0.22$ ,  $ES=0.05$ ,  $z=-6.77$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{Agr,Did,s2-Gram,Did,s2}=0.11$ ,  $ES=0.03$ ,  $z=-9.14$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{Agr,Had,s2-Gram,Had,s2}=0.10$ ,  $ES=0.03$ ,  $z=-8.77$ ,  $p<.0001$ ). En outre, la performance avec les items agrammaticaux était marginalement meilleure dans la condition Similaire (*Had*) que Conflictuelle (*Did*), au pré-test seulement ( $RC_{Agr,Had-Agr,Did}=0.55$ ,  $ES=0.13$ ,  $z=-2.45$ ,  $p=.069$ ). Enfin, la performance était meilleure avec les items grammaticaux au post-test qu'au pré-test avec *Had* ( $RC_{Gram,s1-Gram,s2}=0.37$ ,  $ES=0.11$ ,  $z=-3.50$ ,  $p=.003$ ).

28. RC : Rapport de Cotes (*odds ratio*). Il s'agit du rapport entre les cotes des deux conditions comparées (puisque  $\log(a) - \log(b) = \log(a)/\log(b)$ , la différence entre les cotes des deux conditions est obtenu par une division), témoignant de l'importance du niveau du facteur contrasté sur la probabilité de répondre correctement. Si  $Cote_A > Cote_B$ , alors  $RC_{A-B} > 1$ . Si  $Cote_A < Cote_B$ , alors  $RC_{A-B} < 1$ , et plus le rapport est petit, plus la différence entre les probabilités de réussite associées à chacune des conditions est grande.

29. Ici, au pré-test, lorsque le stimulus est construit avec *Did*, la probabilité de répondre correctement est  $1/0.10=10$  fois plus élevée lorsque l'item est grammatical qu'agrammatical.

|                  |           | <b>Gram</b> | <b>Agram</b> |
|------------------|-----------|-------------|--------------|
| <b>Pré-test</b>  | Did       | 0.85        | 0.36         |
|                  | Had       | 0.82        | 0.50         |
| <b>Post-test</b> | Did       | 0.89        | 0.45         |
|                  | Had       | 0.93        | 0.55         |
| <b>Pré-test</b>  | Explicite | 0.85        | 0.50         |
|                  | Implicite | 0.82        | 0.37         |
| <b>Post-test</b> | Explicite | 0.90        | 0.64         |
|                  | Implicite | 0.91        | 0.36         |
| –                | Natifs    | 0.97        | 0.98         |

TABLEAU 7.8 – Probabilité de répondre correctement au jugement de grammaticalité en fonction de la Grammaticalité, de la Session, du Groupe et de l’Auxiliaire

L’interaction Grammaticalité × Session × Groupe était également significative ( $\chi^2(1)=5.73$ ,  $p=.017$ ). La performance avec les items grammaticaux était meilleure qu’avec les items agrammaticaux lors des deux sessions de tests et pour les deux groupes (toutes valeurs de  $p<.0001$ ). La performance des participants du groupe Implicite s’est améliorée sur les items grammaticaux uniquement ( $RC_{Gram,s1-Gram,s2}=0.43$ ,  $ES=0.13$ ,  $z=-2.72$ ,  $p=.033$ ). Lors du post-test, les participants du groupe Explicite parvenaient mieux à détecter les violations que les participants du groupe Implicite : leur performance sur les items agrammaticaux était meilleure ( $RC_{Agr,E,s2-Agr,I,s2}=3.13$   $ES=1.26$ ,  $z=2.84$ ,  $p=.023$ ).

Les participants du groupe Implicite étaient moins performants que ceux du groupe Explicite pour les phrases de la condition Conflictuelle (*Did*). Ils étaient aussi moins bons pour rejeter les phrases agrammaticales après l’entraînement. Aucune différence de performance selon l’Auxiliaire n’a été trouvée chez les participants du groupe Explicite, ni pour les phrases grammaticalement acceptables. Les participants du groupe Implicite ont progressé sur l’acceptation des stimuli grammaticaux. Ce résultat est particulièrement intéressant puisqu’on considère généralement que les items grammaticaux dans un jugement d’acceptabilité ciblent les **connaissances implicites** alors que les items agrammaticaux font appel aux **connaissances explicites** (Ellis, 2005b; Roehr-Brackin, 2015). Cette progression confirme donc que l’entraînement implicite a permis l’amélioration d’un traitement plus implicite qu’explicite — ou, du moins, que cet entraînement n’a pas favorisé le développement de connaissances explicites. L’effet principal de Session obtenu sur le *d'* des participants n’est pas dû à un effet de Session sur les phrases agrammaticales : les sujets n’ont pas appris à mieux rejeter les phrases incorrectes.

### 7.3.3 Comparaison entre des apprenants et des locuteurs natifs

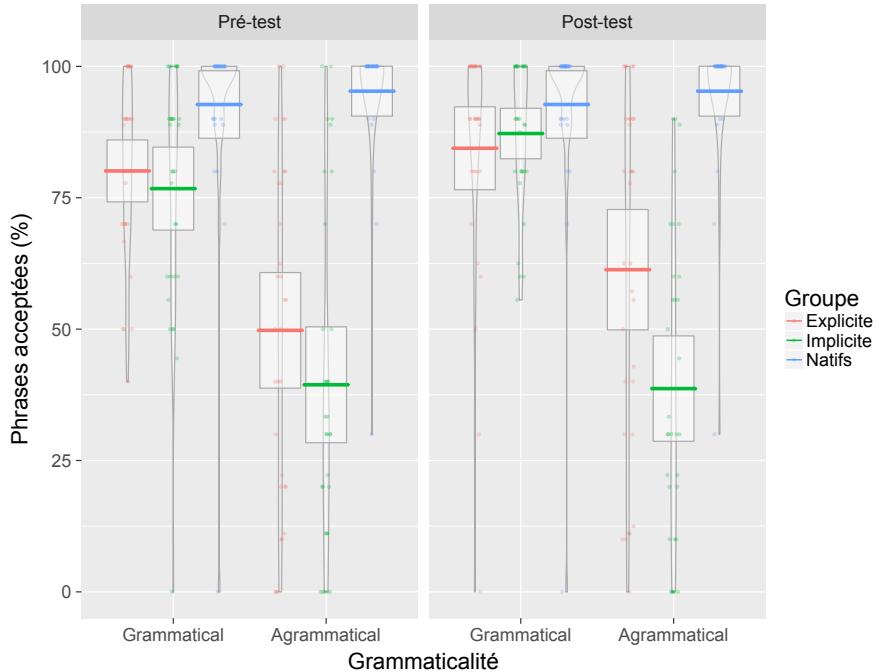


FIGURE 7.6 – Performance au jugement de grammaticalité par Grammaticalité du stimulus, Groupe et Session

La comparaison entre la performance des Apprenants lors du pré-test et celle des Natifs a révélé un effet principal du Groupe sur le *d'* ( $F(2,45)=22.25$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.50$ , voir Modèle 6). L’interaction entre Groupe et Auxiliaire était également significative ( $F(2,45)=4.12$ ,  $p=.023$ ,  $\eta_p^2=0.15$ ). Cette interaction reflétait le fait que, comme nous l’avons vu plus haut, l’effet de l’Auxiliaire était seulement significatif lors du pré-test pour les participants du groupe Implicit ( $M_{Had-Did}=2.42$ ,  $ES=0.78$ ,  $t(45)=3.12$ ,  $p=.003$ ,  $d=0.86$ ). D’autre part, l’effet de Groupe était présent pour les deux auxiliaires. Les locuteurs natifs étaient plus performants que les deux groupes d’apprenants pour les phrases construites avec *Did* ( $M_{NS-E}=3.47$ ,  $ES=0.82$ ,  $t(89)=4.22$ ,  $p=.0002$ ,  $d=1.93$ ;  $M_{NS-I}=5.21$ ,  $ES=0.882$ ,  $t(89)=6.33$ ,  $p<.0001$ ,  $d=2.26$ ) et avec *Had* ( $M_{NS-E}=3.10$ ,  $ES=0.82$ ,  $t(89)=3.77$ ,  $p=.001$ ,  $d=1.38$ ;  $M_{NS-I}=2.32$ ,  $ES=0.82$ ,  $t(89)=2.82$ ,  $p=.016$ ,  $d=1.23$ ).

Les analyses intégrant le facteur Grammaticalité (Modèle 7) ont révélé un effet de l’interaction Grammaticalité × Groupe ( $\chi^2(2)=29.80$ ,  $p<.0001$ ,  $R^2 c=0.59$ ). Les locuteurs natifs étaient plus performants que les apprenants des deux groupes sur les items grammaticaux ( $RC_{E-NS}=0.22$ ,  $ES=0.11$ ,  $z=-3.10$ ,  $p=.006$ ;

$RC_{I-NS}=0.17$ ,  $ES=0.08$ ,  $z=-3.58$ ,  $p=.001$ ) et agrammaticaux ( $RC_{E-NS}=0.02$ ,  $ES=0.01$ ,  $z=-7.10$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{I-NS}=0.009$ ,  $ES=0.005$ ,  $z=-8.01$ ,  $p<.0001$ ).

Lors du post-test, l'effet du Groupe sur le *d'* (Modèle 6) était encore une fois significatif ( $F(2,45)=19.48$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.34$ ), ainsi que l'interaction Groupe  $\times$  Auxiliaire ( $F(2,45)=8.16$ ,  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=0.27$ ). Les tests a posteriori de l'interaction ont montré que, comme au pré-test, l'effet de l'Auxiliaire était limité aux participants du groupe Implicite ( $M_{Had-Did}=2.61$ ,  $ES=0.60$ ,  $t(45)=4.35$ ,  $p=.0001$ ,  $d=1.03$ ). Avec l'auxiliaire *Did*, les locuteurs natifs étaient plus performants que les participants des deux groupes d'apprenants ( $M_{NS-E}=2.08$ ,  $ES=0.75$ ,  $t(80)=2.79$ ,  $p=.018$ ,  $d=1.30$ ;  $M_{NS-I}=4.47$ ,  $ES=0.75$ ,  $t(80)=5.98$ ,  $p<.0001$ ,  $d=2.11$ ). Les participants du groupe Explicite avaient également un meilleur *d'* que ceux du groupe Implicite dans cette condition ( $M_{E-I}=2.39$ ,  $ES=0.75$ ,  $t(80)=3.19$ ,  $p=.006$ ,  $d=0.90$ ). Avec *Had* en revanche, la seule différence significative était entre les Natifs et le groupe Explicite ( $M_{NS-E}=1.85$ ,  $ES=0.75$ ,  $t(80)=2.48$ ,  $p=.040$ ,  $d=0.88$ ). Au post-test, la différence de performance entre groupe Explicite et Implicite sur les items avec *Did* s'était donc agrandie, et les apprenants n'avaient pas atteint le niveau de performance des natifs. Avec *Had* en revanche, le *d'* des participants du groupe Implicite n'était plus significativement différent de celui des locuteurs natifs.

L'effet des interactions Groupe  $\times$  Grammaticalité ( $\chi^2(2)=56.06$ ,  $p<.0001$ ,  $R^2c=0.54$ ) et Groupe  $\times$  Auxiliaire ( $\chi^2(2)=14.08$ ,  $p=.0009$ ,  $R^2c=0.54$ ) sur l'Exactitude de la réponse était significatif (Modèle 7). Les Natifs étaient toujours plus performants que les apprenants sur les items agrammaticaux ( $RC_{E-NS}=0.03$ ,  $ES=0.02$ ,  $z=-5.82$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{I-NS}=0.01$ ,  $ES=0.01$ ,  $z=-7.73$ ,  $p<.0001$ ), mais pas sur les items grammaticaux. Les Natifs étaient également plus performants que les apprenants avec les deux auxiliaires (toutes valeurs de  $p<.01$ ).

Les deux groupes d'Apprenants étaient donc moins performants que les Natifs au pré-test et le restaient au post-test. Cependant, lors de ce post-test, leur performance ne différait plus de celle des Natifs que sur les phrases agrammaticales : ils étaient devenus meilleurs pour accepter les phrases grammaticales (voir Figure 7.6). Au pré-test, la performance des deux groupes d'apprenants était semblable. En revanche, après l'entraînement, les participants du groupe Explicite étaient devenus meilleurs que ceux du groupe Implicite pour rejeter les phrases agrammaticales, la condition qui requiert le plus de connaissances explicites.

## 7.4 Jugement d'acceptabilité grammaticale – Temps de réponse

### 7.4.1 Locuteurs natifs

Une analyse réalisée avec un modèle linéaire à effets mixtes sur le logarithme du temps de réponse avec comme effets fixes la Grammaticalité et l'Auxiliaire (Modèle 8) n'a pas révélé d'effets significatifs. Une analyse supplémentaire remplaçant la Grammaticalité par l'Exactitude (Modèle 9) a révélé un effet significatif de l'Exactitude de la réponse ( $F(1,15)=21.63$ ,  $p=.0003$ ,  $\eta_p^2=0.60$ ,  $d=1.62$ ) : les locuteurs natifs étaient plus rapides lorsqu'ils répondaient correctement que lorsqu'ils se trompaient (voir Tableau 7.9).

| Exactitude | Temps de réponse en ms |
|------------|------------------------|
| Correct    | 460 (96)               |
| Incorrect  | 1105 (624)             |

TABLEAU 7.9 – Temps de réponse moyen en fonction de l'Exactitude de la réponse pour les locuteurs natifs (écart-type entre parenthèses)

### 7.4.2 Apprenants

Les analyses ont été réalisées avec un modèle linéaire à effets mixtes sur la transformation logarithmique du temps de réponse avec comme effets fixes la Grammaticalité, l'Auxiliaire, la Session et le Groupe (Modèle 10). L'interaction significative de plus haut niveau était Grammaticalité  $\times$  Session  $\times$  Groupe ( $F(1,2242)=4.32$ ,  $p=.038$ ,  $\eta_p^2=0.002$ ; voir Figure 7.7). Lors du post-test, les participants du groupe Explicite étaient plus rapides pour traiter les items agrammaticaux que les items grammaticaux ( $M_{Gram-Agr}=75$  ms,  $t(295)=2.61$ ,  $p=.047$ ,  $d=0.17$ ). Ce résultat est surprenant : on s'attend à ce que les participants soient plus rapides pour traiter les items corrects que les items agrammaticaux. Ce ralentissement pour les items grammaticaux suggère que le traitement faisait appel quasi uniquement aux connaissances explicites du participant, du fait des exigences de la tâche de jugement de grammaticalité : si le participant ne détecte pas de violation tout de suite, il est possible qu'il prenne le temps de repenser à la phrase (et ce malgré les instructions contraires données avant la tâche) pour vérifier l'absence de violation. L'effet de Session était significatif pour les participants du groupe Implicit sur les items grammaticaux ( $M_{s2-s1}=158$  ms,  $t(41)=3.26$ ,  $p=.012$ ,  $d=0.38$ ) et agrammaticaux ( $M_{s2-s1}=116$  ms,  $t(40)=2.92$ ,  $p=.028$ ,  $d=0.26$ ) : ces apprenants étaient plus lents lors du post-test que lors du pré-test. L'effet de Session était marginalement

significatif chez les participants du groupe Explicite sur les items grammaticaux ( $M_{s2-s1}=110$  ms,  $t(41)=2.43$ ,  $p=.088$ ,  $d=0.26$ ). Il y avait également un effet principal de l'Auxiliaire ( $F(1,57)=7.08$ ,  $p=.010$ ,  $\eta_p^2=0.11$ ). Les participants étaient globalement plus rapides pour évaluer les phrases contenant l'auxiliaire *Did* que l'auxiliaire *Had* ( $M_{Had-Did}=49$  ms,  $t(57)=2.66$ ,  $p=.010$ ,  $d=0.11$ ).

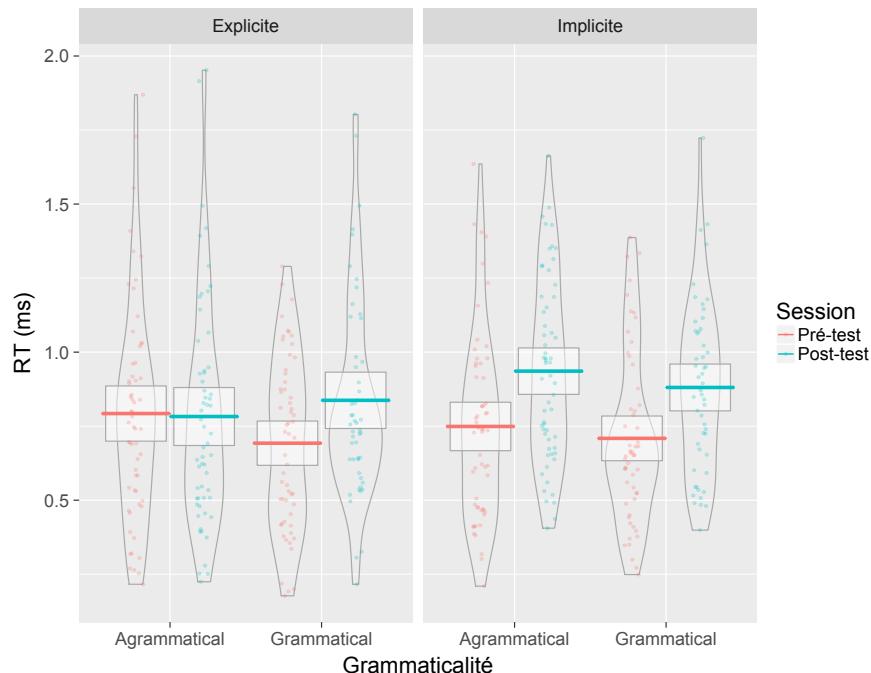


FIGURE 7.7 – Temps de réponse en fonction de la Grammaticalité, du Groupe et de la Session pour les apprenants

Une analyse supplémentaire incluant l'Exactitude (Modèle 11) comme effet fixe n'a pas révélé d'effet significatif de ce facteur : les apprenants n'étaient pas plus rapides pour répondre correctement, contrairement aux locuteurs natifs.

#### 7.4.3 Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs

Les analyses incorporaient comme effets fixes le Groupe ainsi que l'interaction de ce facteur avec la Grammaticalité et l'Auxiliaire (Modèle 12). Au pré-test, l'effet du Groupe était significatif ( $F(2,45)=5.25$ ,  $p=.009$ ,  $\eta_p^2=0.19$ ), ainsi que l'interaction Groupe  $\times$  Auxiliaire ( $F(3,226)=2.98$ ,  $p=.03$ ,  $\eta_p^2=0.04$ ). Les locuteurs natifs étaient plus rapides que les apprenants des deux groupes quel que soit l'auxiliaire ( $M_{E,Did-NS,Did}=130$  ms,  $t(44)=2.61$ ,  $p=.033$ ,  $d=0.36$  ;  $M_{I,Did-NS,Did}=120$  ms,  $t(44)=2.43$ ,  $p=.049$ ,  $d=0.34$  ;  $M_{E,Had-NS,Had}=142$  ms,  $t(45)=2.56$ ,  $p=.037$ ,  $d=0.39$  ;  $M_{I,Had-NS,Had}=184$  ms,  $t(45)=3.18$ ,  $p=.007$ ,  $d=0.51$ ).

L'effet du Groupe était également significatif au post-test ( $F(2,45)=15.73$ ,  $p<0.0001$ ,  $\eta_p^2=0.41$ ), de même que l'interaction Groupe  $\times$  Grammaticalité ( $F(3,255)=3.87$ ,  $p=.010$ ,  $\eta_p^2=0.04$ ). Quelle que soit la grammaticalité de l'item, les locuteurs natifs étaient plus rapides que les apprenants ( $M_{E,Agr-NS,Agr}=145$  ms,  $t(52)=2.84$ ,  $p=.017$ ,  $d=0.39$  ;  $M_{I,Agr-NS,Agr}=315$  ms,  $t(52)=5.39$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.85$  ;  $M_{E,Gram-NS,Gram}=232$  ms,  $t(52)=4.29$ ,  $p=.0002$ ,  $d=0.63$  ;  $M_{I,Gram-NS,Gram}=294$  ms,  $t(52)=5.19$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.80$ ). D'autre part, pour les items agrammaticaux, les participants du groupe Explicite étaient plus rapides que les participants du groupe Implicite ( $M_{I,Agr-E,Agr}=171$  ms,  $t(52)=2.54$ ,  $p=.067$ ,  $d=0.38$ ). La différence de temps de réponse entre items grammaticaux et agrammaticaux était limitée au groupe Explicite, comme vu plus haut.

Globalement, les natifs étaient donc plus rapides que les apprenants, y compris après l'entraînement. Les participants du groupe Explicite parvenaient également à traiter les items agrammaticaux plus rapidement que les apprenants du groupe Implicite après l'entraînement. Ils étaient en revanche plus lents pour traiter les stimuli grammaticaux que les stimuli agrammaticaux, ce qui va à l'encontre de ce à quoi l'on pourrait s'attendre. Ce phénomène pourrait être dû au fait que les participants font particulièrement appel à leurs **connaissances explicites**. Lorsqu'ils ne reconnaissent pas d'agrammaticalité au premier abord, il est possible qu'ils prennent davantage le temps de faire appel à leurs connaissances pour vérifier la grammaticalité du stimulus. Ces indices montrent que :

1. Les apprenants ne font pas appel à des **connaissances implicites** ou même automatisées à un niveau similaire à celui des natifs.
2. Les apprenants font plus appel à leurs **connaissances explicites** après l'entraînement, et leur meilleure performance est due à l'utilisation de ces connaissances.
  - Les apprenants sont plus lents lorsqu'ils sont plus performants : au post-test et avec l'auxiliaire *Had*.
  - Les participants ayant reçu un entraînement Explicite sont plus lents pour traiter les items grammaticaux qu'agrammaticaux.
3. L'entraînement explicite permet tout de même un début d'automatisation de l'utilisation des **connaissances explicites** : les participants du groupe Explicite sont ainsi plus rapides que ceux du groupe Implicite pour traiter les items agrammaticaux lors du post-test.

#### 7.4.4 Mesures de stabilité et d'automatisation

Suivant Suzuki (2017a) et Segalowitz et Segalowitz (1993), le coefficient de variance a été calculé pour chaque participant, session et auxiliaire. Ce coefficient est un indice de restructuration et de stabilité du traitement du langage : l'automatisation du traitement n'implique pas simplement une accélération mais également

une restructuration des mécanismes, avec l'élimination des processus inutiles et leur remplacement par d'autres plus efficaces. Ce Coefficient de Variance (CV) est calculé en divisant l'écart-type du temps de réponse de chaque participant par son temps de réponse moyen. Suivant Suzuki (2017a), la corrélation entre le temps de réponse et CV a également été calculée : une corrélation positive entre les deux suggère que le traitement est plus rapide mais aussi plus stable, et donc plus automatique.

Une analyse du CV avec la Session, l'Auxiliaire et le Groupe comme effets fixes (Modèle 13) a révélé un effet principal de l'Auxiliaire ( $F(1,30)=12.27, p=.002, \eta_p^2=0.11$ ). Le coefficient de variance était légèrement plus petit pour la condition Similaire (*Had*) ( $M_{Did-Had}=0.05, SE=.01, t(30)=3.50, p=.002, d=0.38$ ), ce qui indique une plus grande stabilité du temps de réponse dans cette condition.

Les corrélations entre CV et temps de réponse ont été calculées pour chaque session et pour chaque auxiliaire. Il existait une corrélation négative entre CV et le temps de réponse lors du post-test seulement ( $t(62)=-3.96, p=.0002, r=-0.45$ ) : les participants les plus rapides avaient le coefficient de variance le plus faible. Cette corrélation est inverse à celle observée par Suzuki (2017a) après leur entraînement. Elle suggère que les participants sont effectivement plus stables dans leurs réponses, mais il ne s'agit pas d'une automatisation : ils sont en effet plus lents lors du post-test, une direction là encore opposée à celle observée notamment par Suzuki. Les participants font davantage appel à leurs connaissances explicites lors du post-test, pas à leurs connaissances implicites comme ce serait le cas si leurs réponses étaient devenues plus automatiques.

## 7.5 Jugement d'acceptabilité grammaticale – Jugement de confiance et attribution de source

### 7.5.1 Degré de confiance exprimé

La répartition des réponses par degré de confiance exprimé est représentée dans la Figure 7.8(a). L'effet du Groupe sur le niveau de confiance (Modèle 14) était significatif : les participants du groupe Implicit étaient 67.05 % plus susceptibles de choisir un degré de confiance plus faible que les participants du groupe Explicite ( $z=-6.80, p<.0001$ ).

Les analyses de l'influence du degré de confiance exprimé sur la Performance (Modèle 15) ont révélé un effet principal de la Confiance ( $\chi^2(3)=36.42, p<.0001, R^2c=0.43$ ) et un effet de l'interaction entre Confiance et Groupe ( $\chi^2(3)=18.13, p=.0004$ ). La performance des participants du groupe Explicite était significativement plus faible lorsqu'ils rapportaient avoir deviné (degré 1) que pour tous les autres degrés de confiance ( $RC_{1-2}=0.21, ES=0.09, z=-3.73, p=.001; RC_{1-3}=0.21, ES=0.08, z=-3.99, p=.0004; RC_{1-4}=0.06, ES=0.02, z=-6.61, p<.0001$ ). Ils

étaient en revanche plus performants lorsqu'ils rapportaient être très confiants dans leur réponse (degré 4) ( $RC_{3-4}=0.27$ ,  $ES=0.09$ ,  $z=-4.03$ ,  $p=.0003$ ;  $RC_{2-4}=0.26$ ,  $ES=0.09$ ,  $z=-3.72$ ,  $p=.001$ ). Il n'y avait en revanche pas de relation entre Confiance et Performance pour les participants du groupe Implicite.

Le Tableau 7.10 répertorie le taux d'exactitude moyen par degré de confiance. On peut noter que les participants du groupe Explicite étaient meilleurs que le hasard quand ils rapportaient prendre une décision avec un degré de confiance de 2 (« *somewhat confident* ») ou plus, alors que pour les participants du groupe Implicite, ce n'était le cas que pour le degré 3 (« *very confident* »). L'absence de relation significative entre la confiance exprimée et la performance pour les participants de ce groupe suggère que ceux-ci utilisaient leurs **connaissances implicites** dans une certaine mesure, ainsi que décrit par le critère de corrélation zéro (Chan, 1992; Dienes *et al.*, 1995). Cela a été confirmé par le calcul du score de différence de Chan. Pour le groupe Implicite, le score moyen de confiance était de 2.64 ( $ET=0.58$ ) pour les phrases correctement jugées et de 2.39 ( $ET=0.51$ ) pour les phrases incorrectement jugées. Pour le groupe Explicite, le score moyen de confiance pour les phrases correctement jugées était de 3.04 ( $ET=0.54$ ) et pour les items incorrectement jugés de 2.53 ( $ET=0.65$ ). La différence entre le score de confiance pour les décisions correctes et incorrectes était significative pour le groupe Explicite ( $t(29)=-2.44$ ,  $p=.021$ ) mais pas pour le groupe Implicite ( $t(30)=-1.30$ ,  $p=.20$ ). Les participants du groupe Implicite n'étaient donc pas plus confiants lorsqu'ils répondaient correctement, ce qui indique qu'ils n'étaient pas conscients d'avoir acquis certaines connaissances lors de la phase d'entraînement. La performance en fonction du degré de confiance exprimé est représentée sur la Figure 7.8(b).

| <b>Degré de confiance</b> | <b>Explicite</b> |                | <b>Implicit</b>  |                |
|---------------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
|                           | <b>Perf. (%)</b> | <b>IC</b>      | <b>Perf. (%)</b> | <b>IC</b>      |
| 1 : hasard                | 36.58            | [22.43 ;50.74] | 53.61            | [39.91 ;67.30] |
| 2 : peu confiant          | 75.07*           | [61.79 ;88.35] | 55.41            | [42.50 ;68.32] |
| 3 : plutôt confiant       | 74.13*           | [61.22 ;87.05] | 67.23*           | [54.32 ;80.15] |
| 4 : 100 % confiant        | 80.81*           | [67.90 ;93.73] | 64.50            | [49.82 ;79.17] |

TABLEAU 7.10 – Performance par degré de confiance exprimé pour chaque Groupe  
Perf. : Performance, IC : Intervalle de Confiance à 95 % ; \* : significativement différent du hasard après application de la procédure de correction de Bonferroni

Les analyses du logarithme du temps de réponse incorporant les effets fixes Confiance et Groupe (Modèle 16) ont révélé un effet du degré de Confiance ( $F(3,31)=26.87$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.72$ ). Les participants répondaient plus rapidement lorsqu'ils étaient 100 % confiants que pour les autres degrés ( $M_{4-3}=-133$  ms,  $t(18)=-4.87$ ,  $p=.0007$ ,  $d=0.33$ ;  $M_{4-2}=-265$  ms,  $t(35)=-7.76$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.67$ ;

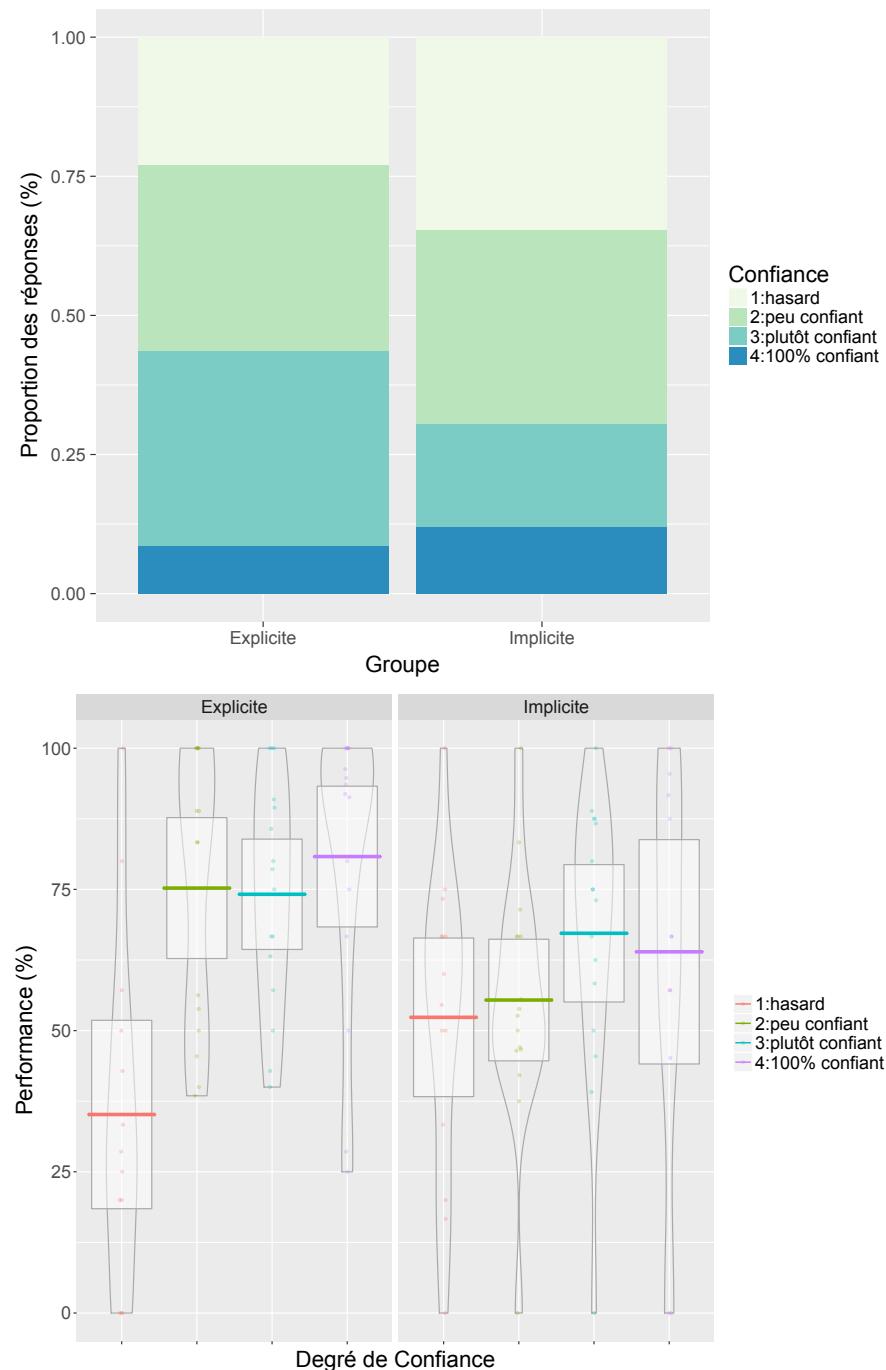


FIGURE 7.8 – Proportion de réponses exprimées et performance en fonction du degré de confiance

| Degré de confiance  | Temps de réponse (ms) |
|---------------------|-----------------------|
| 1 : hasard          | 984 (361)             |
| 2 : peu confiant    | 892 (264)             |
| 3 : plutôt confiant | 793 (287)             |
| 4 : 100 % confiant  | 657 (267)             |

TABLEAU 7.11 – Temps de réponse par Groupe et degré de confiance (ms)

$M_{4-1}=-368$  ms,  $t(26)=-8.14$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.91$ ). Les participants étaient également plus rapides lorsqu'ils rapportaient être « plutôt confiants » que pour les deux degrés de confiance moins élevés ( $M_{3-2}=-132$  ms,  $t(32)=-3.69$ ,  $p=.004$ ,  $d=0.31$ ;  $M_{3-1}=-234$  ms,  $t(21)=-4.76$ ,  $p=.0005$ ,  $d=0.53$ ).

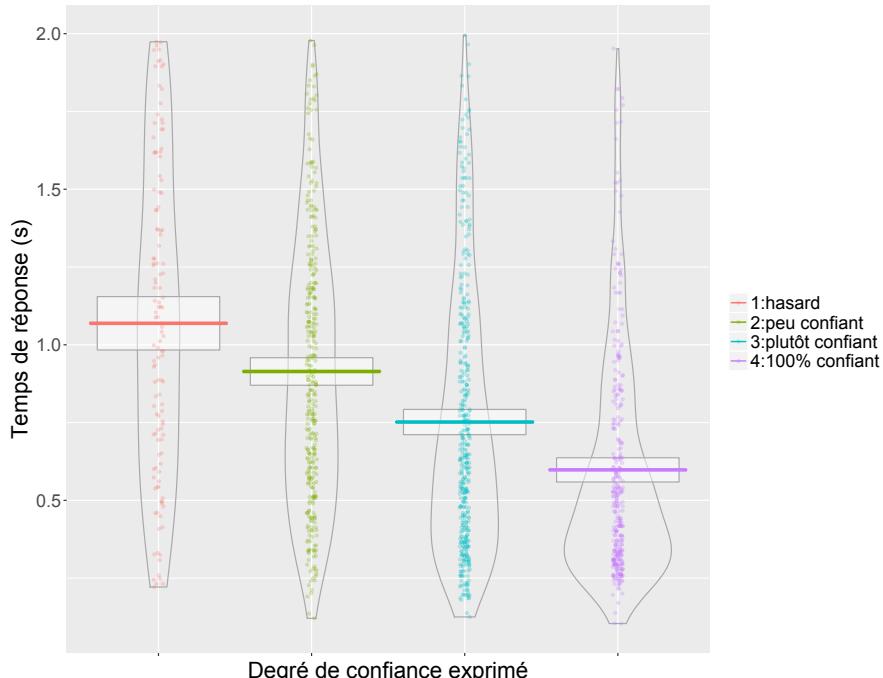


FIGURE 7.9 – Temps de réponse en fonction du degré de confiance exprimé

Les analyses avec comme variable réponse le *d'* de confiance et comme effet fixe le Groupe (Explicite / Implicite) n'ont révélé aucun effet du Groupe ( $p>.1$ ). Quatre participants du groupe Explicite (soit 1/4 des participants) et cinq participants du groupe Implicite avaient un *d'* de confiance (voir 6.5.2.2 p. 155) négatif, indiquant que leur réponse était plus souvent incorrecte que correcte lorsqu'ils rapportaient un degré de confiance élevé (3 ou 4) — ce qui suggère de mauvaises connaissances explicites de la structure.

### 7.5.2 Source de la décision

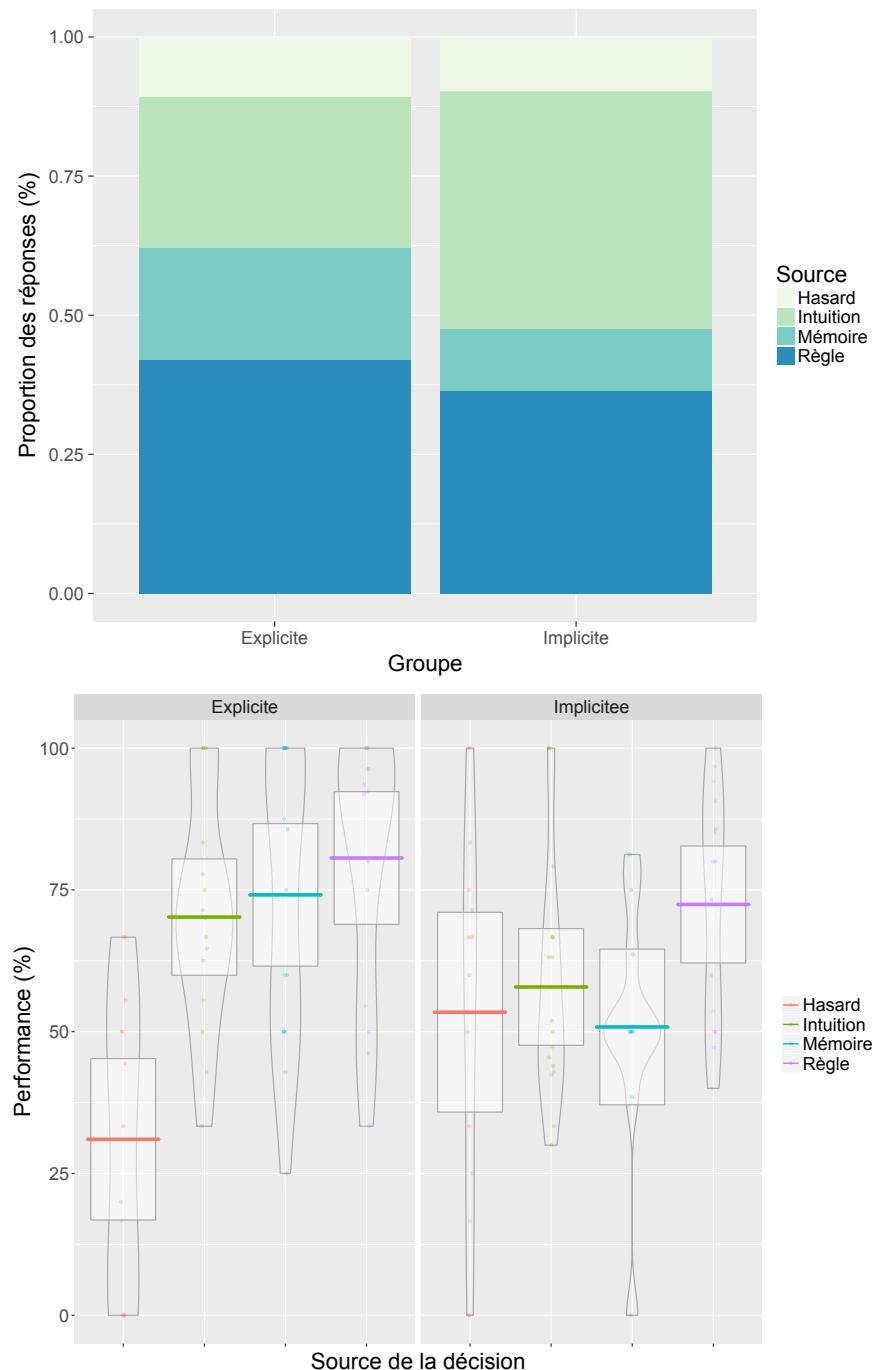


FIGURE 7.10 – Proportion de réponses exprimées et performance par source de la décision

Une répartition des réponses par Source de décision et par Groupe est visible sur la Figure 7.10. Les analyses de la proportion de réponses par Source ont révélé que la distribution dépendait de la Source et du Groupe ( $\chi^2(3)=40.40$ ,  $p<.0001$ ). Les participants du groupe Implicit rapportaient utiliser leur intuition plus que les participants du groupe Explicite ( $\chi^2(1)=21.33$ ,  $p<.0001$ ), alors que le groupe Explicite utilisait davantage le souvenir de phrases entendues précédemment ( $\chi^2(1)=16.17$ ,  $p<.0001$ ).

Les analyses de la Performance en fonction de la Source et du Groupe (Modèle 17) ont montré un effet de la Source ( $\chi^2(3)=47.14$ ,  $p<.0001$ ), du Groupe ( $\chi^2(1)=3.96$ ,  $p=.047$ ) et de l'interaction Source  $\times$  Groupe ( $\chi^2(3)=11.99$ ,  $p=.007$ ,  $R^2c=0.43$ ). Chez les participants du groupe Explicite, la performance était plus faible lorsque elle était attribuée au hasard qu'à la connaissance d'une règle grammaticale ( $RC_{Hasard-Règle}=0.04$ ,  $ES=0.03$ ,  $z=-5.07$ ,  $p<.0001$ ), au souvenir des phrases vues pendant l'entraînement ( $RC_{Hasard-Mémoire}=0.11$ ,  $ES=0.07$ ,  $z=-3.57$ ,  $p=.002$ ), ou à l'intuition ( $RC_{Hasard-Intuition}=0.18$ ,  $ES=0.09$ ,  $z=-3.61$ ,  $p=.002$ ). À l'inverse, leur performance était meilleure lorsqu'ils utilisaient leurs connaissances des règles que leur intuition ( $RC_{Intuition-Règle}=0.23$ ,  $ES=0.11$ ,  $z=-3.12$ ,  $p=.008$ ). Chez les participants du groupe Implicit, la performance n'était pas associée à la source de la décision. La performance en fonction de chaque source de décision et par groupe est rapportée dans le Tableau 7.12 (voir aussi Figure 7.10).

| <b>Source de la décision</b> | <b>Explicite</b> |                 | <b>Implicit</b> |                 |
|------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                              | <b>Perf (%)</b>  | <b>IC</b>       | <b>Perf (%)</b> | <b>IC</b>       |
| hasard                       | 31.32            | [17.94 ; 44.70] | 53.65           | [40.75 ; 66.56] |
| intuition                    | 70.48            | [58.02 ; 82.95] | 57.88           | [45.80 ; 69.96] |
| mémoire                      | 74.13            | [62.05 ; 86.21] | 51.33           | [36.09 ; 66.56] |
| règles                       | 80.43            | [67.96 ; 92.90] | 72.22           | [59.74 ; 84.69] |

TABLEAU 7.12 – Performance par source de la décision pour chaque groupe (Perf. : Performance, IC : Intervalle de Confiance à 95 %)

## 7.6 Potentiels évoqués

### 7.6.1 Natifs

Par souci de lisibilité, seuls les effets principaux et interactions significatifs impliquant l'effet de Condition sont rapportés.

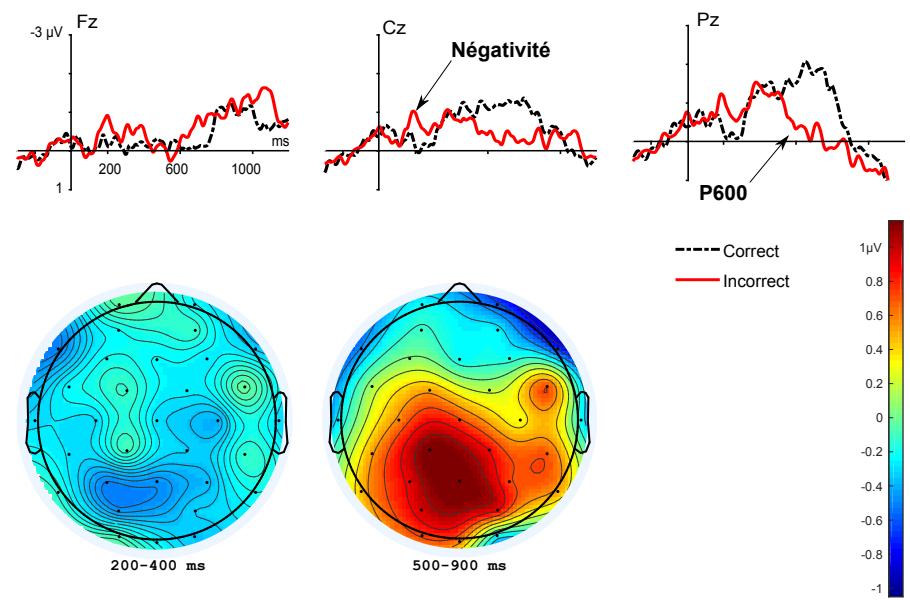


FIGURE 7.11 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les locuteurs natifs en réponse aux stimuli corrects et incorrects, et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions Incorrecte et Correcte dans les fenêtres 200-400 et 500-900 ms (Axe horizontal : temps de -200 à 1000 ms par pas de 400 ms; axe vertical : amplitude de -3 à 1  $\mu$ V par pas de 1  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

### 7.6.1.1 200-400 ms

Il n'y avait pas d'effet de la Condition en région antérieure dans cette fenêtre (Modèle 18). En région postérieure (Modèle 19), seule l'interaction Condition  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence était significative ( $F(2,20)=3.63$ ,  $p=.045$ ,  $\eta_p^2=0.27$ ). Les analyses a posteriori ont révélé une négativité pour l'auxiliaire *Had* seulement, pour les participants les plus compétents ( $M_{Inc-Cor}=-1.55 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.43$ ,  $t(15)=-3.63$ ,  $p=.012$ ,  $d=1.02$ ).

Les analyses réalisées sur la différence Incorrect-Correct (Modèle 20) ont révélé un effet de l'interaction Région  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence ( $F(1,467)=14.72$ ,  $p=.0001$ ,  $\eta_p^2=0.03$ ) ainsi que de l'interaction Région  $\times$  Auxiliaire ( $F(1,640)=16.91$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.03$ ) et un effet principal de l'Auxiliaire ( $F(1,15)=11.41$ ,  $p=.004$ ,  $\eta_p^2=0.43$ ). Les tests post-hoc de l'interaction à trois termes ont révélé que l'amplitude de la réponse aux violations avec *Did* était supérieure à celle en réponse aux violations avec *Had*, chez les participants ayant une compétence Faible<sup>30</sup> ( $M_{Did-Had}=1.32 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.45$ ,  $t(21)=2.93$ ,  $p=.037$ ,  $d=1.15$ ) et Élevée ( $M_{Did-Had}=1.76 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.45$ ,  $t(20)=3.91$ ,  $p=.004$ ,  $d=0.96$ ). De plus, pour les participants ayant le meilleur *d'*, avec *Had*, la négativité était plus grande en région postérieure qu'antérieure ( $M_{Ant-Post}=1.09 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.27$ ,  $t(60)=4.02$ ,  $p=.0009$ ,  $d=0.64$ ) : il s'agissait donc plus d'une N400 que d'une négativité antérieure.

### 7.6.1.2 500-900 ms

En région antérieure (Modèle 21), trois interactions étaient significatives : Condition  $\times$  Compétence ( $F(1,29)=6.14$ ,  $p=.019$ ,  $\eta_p^2=0.18$ ), Condition  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence ( $F(2,21)=4.15$ ,  $p=.030$ ,  $\eta_p^2=0.29$ ) et Condition  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence ( $F(4,48)=4.08$ ,  $p=.006$ ,  $\eta_p^2=0.26$ ). Les analyses de l'interaction Condition  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence n'ont pas révélé de paires significatives impliquant la Condition. Les analyses de l'interaction Condition  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence ont montré la présence d'une négativité marginalement significative en région antérieure dans l'hémisphère droit pour les participants les plus compétents ( $M_{Inc-Cor}=-0.98 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.36$ ,  $t(21)=-2.72$ ,  $p=.057$ ,  $d=0.58$ ).

En région postérieure (Modèle 22), l'interaction Condition  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence était significative ( $F(2,24)=4.06$ ,  $p=.030$ ,  $\eta_p^2=0.26$ ), mais les analyses a posteriori n'ont pas révélé de paires significatives impliquant la Condition. Il y avait également un effet principal de la Condition ( $F(1,15)=13.94$ ,  $p=.002$ ,  $\eta_p^2=0.49$ ) témoignant de la présence d'une positivité ( $M_{Inc-Cor}=0.91 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(15)=3.73$ ,

30. Le terme de « Compétence Faible » peut sembler surprenant pour parler de la maîtrise d'une structure de la langue maternelle de nos locuteurs anglophones. Le terme de compétence renvoie ici au *d'*, donc à la capacité de ces locuteurs à évaluer la grammaticalité des stimuli critiques dans la tâche précise qu'ils ont effectuée pour cette expérience.

$p=.002$ ,  $d=0.50$ .

Les analyses de la différence Incorrect-Correct (Modèle 23) ont révélé un effet principal de la Région ( $F(1,18)=18.92$ ,  $p=.0004$ ,  $\eta_p^2=0.52$ ) ainsi qu'un effet de l'interaction Région  $\times$  Condition  $\times$  Compétence ( $F(1,604)=15.30$ ,  $p=.0001$ ,  $\eta_p^2=0.02$ ) : l'amplitude de la P600 était plus grande en région postérieure qu'en région antérieure ( $M_{Post-Ant}=1.04 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(18)=4.35$ ,  $p=.0004$ ,  $d=0.60$ ).

Les violations du morphème du passé provoquaient donc chez les natifs une P600. Chez les participants ayant le *d'* le plus élevé, elle était précédée d'une négativité plutôt postérieure, limitée aux violations avec l'auxiliaire *Had*.

## 7.6.2 Apprenants

### 7.6.2.1 200-400 ms

Les effets principaux et interactions significatifs dans cette fenêtre sont rapportés dans le Tableau 7.13. En région antérieure (Modèle 24), l'interaction de plus haut niveau était Condition  $\times$  Session  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Groupe  $\times$  Compétence. Cependant, puisqu'il n'y a pas de recouvrement entre les groupes d'entraînement et de compétence, l'interaction Groupe  $\times$  Compétence implique des calculs réalisés sur des groupes de moins de 10 participants. Ces interactions étant peu fiables, elles ne sont pas interprétées. Les interactions Condition  $\times$  Session  $\times$  Groupe et Condition  $\times$  Session  $\times$  Compétence ont donc été suivies de tests *a posteriori*. Ceux-ci ont montré la présence d'une négativité marginalement significative au post-test pour les participants du groupe Explicite ( $M_{Inc-Cor}=-0.64 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(28)=-2.71$ ,  $p=.052$ ,  $d=0.40$ ), mais pas d'effet significatif de la Condition en interaction avec la Session et la Compétence. Les analyses de l'interaction Condition  $\times$  Compétence ont révélé la présence d'une négativité uniquement pour les participants les plus compétents ( $M_{Inc-Cor}=-0.48 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.16$ ,  $t(45)=-2.94$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.29$ ). L'interaction Condition  $\times$  Auxiliaire était due à une négativité globale en réponse aux violations avec l'auxiliaire *Had* ( $M_{Inc-Cor}=-0.47 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.16$ ,  $t(30)=-2.93$ ,  $p=.006$ ,  $d=0.34$ ).

En région postérieure (Modèle 25), l'interaction de plus haut niveau ne contenant pas l'interaction Groupe  $\times$  Compétence était Condition  $\times$  Session  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence. Les violations avec *Did* provoquaient une positivité lors du pré-test chez les participants les plus compétents uniquement ( $M_{Inc-Cor}=0.93 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.27$ ,  $t(47)=3.44$ ,  $p=.025$ ,  $d=0.71$ ) alors que les violations avec *Had* étaient suivies d'une négativité lors du post-test chez les moins compétents ( $M_{Inc-Cor}=-0.97 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.26$ ,  $t(37)=-3.67$ ,  $p=.016$ ,  $d=0.91$ ). Les courbes de réponse des participants les plus compétents sont visibles dans la Figure 7.12.

Les analyses de la différence Incorrect-Correct (Modèle 26) ont révélé de nombreux effets significatifs. Les interactions de plus haut niveau ne comprenant pas

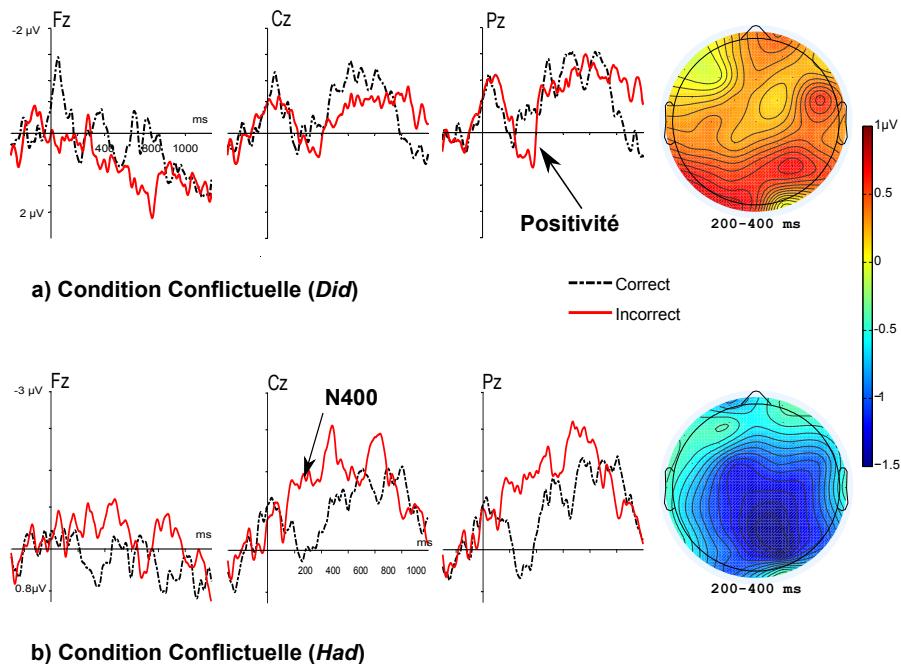


FIGURE 7.12 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants du groupe de compétence Élevée au pré-test, en réponse aux stimuli corrects et incorrects des deux conditions de similarité L1-L2, et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions Incorrecte et Correcte entre 200 et 400 ms (Axe horizontal : temps de -200 à 1000 ms par pas de 200 ms ; axe vertical : amplitude de -2 à 2  $\mu$ V et de -3 à 0.8  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

| Région | Effet                        | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|--------|------------------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Ant    | Cond × Aux                   | 1,32      | 9.20     | .005     | 0.22       |
|        | Cond × Comp                  | 1,71      | 10.56    | .002     | 0.13       |
|        | Cond × Ses × Gp              | 2,27      | 4.64     | .018     | 0.25       |
|        | Cond × Ses × Comp            | 2,80      | 5.71     | .005     | 0.12       |
|        | Cond × Ses × Aux × Gp × Comp | 2,84      | 3.74     | .028     | 0.08       |
| Post   | Cond × Aux                   | 1,25      | 15.88    | .0005    | 0.39       |
|        | Cond × Ses × Aux             | 2,2507    | 6.34     | .002     | 0.005      |
|        | Cond × Ses × Comp            | 2,285     | 5.44     | .005     | 0.04       |
|        | Cond × Aux × Comp            | 2,450     | 4.64     | .010     | 0.02       |
|        | Cond × Gp × Comp             | 2,505     | 12.85    | <.0001   | 0.05       |
|        | Cond × Ses × Aux × Comp      | 2,2036    | 4.27     | .014     | 0.004      |
|        | Cond × Aux × Gp × Comp       | 2,450     | 30.51    | <.0001   | 0.12       |
|        | Cond × Ses × Aux × Gp × Comp | 2,2036    | 15.63    | <.0001   | 0.15       |

TABLEAU 7.13 – Résultats des analyses dans la fenêtre 200-400 ms pour les apprenants (Ant : Antérieure, Post : Postérieure, Cond : Condition, Aux : Auxiliaire, Comp : Compétence, Ses : Session, Gp : Groupe, Hem : Hémisphère)

l’interaction Compétence × Groupe étaient les interactions Auxiliaire × Groupe × Session ( $F(1,159)=8.02$ ,  $p=.005$ ,  $\eta_p^2=0.08$ ) et Auxiliaire × Compétence × Session ( $F(1,1878)=61.73$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.03$ ). Les tests post-hoc ont montré que la réponse aux violations avec *Did* était supérieure à celle aux incongruités avec *Had*, au pré-test pour les participants de compétence Élevée ( $M_{Did-Had}=1.21 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(51)=4.84$ ,  $p=.0001$ ,  $d=0.72$ ) et Faible ( $M_{Did-Had}=0.75 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(50)=2.98$ ,  $p=.022$ ,  $d=0.49$ ) et au post-test pour les participants les moins compétents seulement ( $M_{Did-Had}=1.38 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(51)=5.45$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.94$ ). De plus, l’amplitude de la réponse aux violations avec *Did* chez les participants les plus compétents était plus élevée lors du pré-test que lors du post-test ( $M_{s1-s2}=1.28 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.33$ ,  $t(48)=3.79$ ,  $p=.002$ ,  $d=0.74$ ). Ce résultat, ainsi que la disparition de la différence entre les réponses aux violations avec les deux auxiliaires au post-test pour ce groupe, suggère que la positivité qui suivait les violations avec *Did* au post-test se réduisait considérablement après l’entraînement, voire tendait à évoluer vers une négativité. Dans cette condition Conflictuelle, au post-test, la réponse était marginalement plus positive chez les participants les moins compétents ( $M_{Faible-Élevée}=1.05 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.42$ ,  $t(48)=2.54$ ,  $p=.067$ ,  $d=0.62$ ) — confirmant que la positivité avec *Did* se réduisait largement chez les participants les plus compétents, alors qu’elle tendait plutôt à augmenter ou se stabiliser chez les autres.

Dans cette fenêtre, la similarité L1-L2 de la structure jouait donc un rôle im-

portant dans le type de réponse observée. Les violations avec *Did* provoquaient une positivité postérieure significative chez les participants les plus compétents, mais qui disparaissait pour ce groupe lors du post-test. Chez les moins compétents, les violations de ce type ne provoquaient pas de réaction significative, y compris au post-test. Quelle que soit la compétence des participants, les violations avec *Had* engendraient une négativité. Pour les participants ayant une compétence élevée, cette négativité se renforçait après l'entraînement et tendait à s'étendre aux violations avec *Did*.

D'autre part, l'analyse de l'interaction impliquant le Groupe a montré que les violations avec *Did* provoquaient un effet plus positif qu'avec *Had*, seulement au pré-test pour le groupe Implicite ( $M_{Did,s1-Had,s1}=1.30 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.30$ ,  $t(32)=4.32$ ,  $p=.0008$ ,  $d=0.88$ ), mais uniquement au post-test chez le groupe Explicite ( $M_{Did,s2-Had,s2}=1.47 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.30$ ,  $t(31)=4.94$ ,  $p=.0001$ ,  $d=0.82$ ). L'amplitude de l'effet en réponse aux violations avec *Had* était ainsi plus négative au post-test qu'au pré-test pour le groupe Explicite ( $M_{Had,s1-Had,s2}=1.15 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.40$ ,  $t(31)=2.90$ ,  $p=.033$ ,  $d=0.71$ ) ; et l'amplitude de la négativité était plus grande pour le groupe Explicite qu'Implicité au post-test avec cet auxiliaire ( $M_{E,s2-I,s2}=-1.09 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.35$ ,  $t(21)=-3.09$ ,  $p=.027$ ,  $d=0.70$ ). Il y a donc eu une véritable évolution de la négativité en réponse aux violations avec *Had* pour les participants du groupe Explicite seulement, pour qui cette négativité a augmenté après l'entraînement.

Dans cette fenêtre, les violations dans la condition Conflictuelle provoquaient une positivité postérieure notamment chez les participants les moins compétents. À l'inverse, les violations dans la condition Similaire engendraient une négativité, antérieure chez les participants les plus compétents et plutôt postérieure pour les moins compétents. Cette négativité s'amplifiait après l'entraînement pour les participants les plus compétents et en particulier ceux du groupe Explicite.

### 7.6.2.2 500-900 ms

Les effets significatifs dans cette fenêtre sont rapportés dans le Tableau 7.14. En région antérieure (Modèle 27), les analyses des interactions à quatre termes n'ont pas révélé d'effet significatif de la Condition.

En région postérieure (Modèle 28), les tests effectués sur les interactions Condition  $\times$  Session  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence et Condition  $\times$  Session  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Groupe n'ont pas révélé d'effet significatif de la Condition. Les analyses de l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence ont seulement montré un effet marginalement significatif de la Condition dans l'hémisphère gauche pour les apprenants les moins compétents lors du pré-test ( $M_{Inc-Cor}=-0.72 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.22$ ,  $t(40)=-3.33$ ,  $p=.070$ ,  $d=0.51$ ). Cette négativité était peut-être la fin de la négativité observée en 200-400 ms en réponse aux violations avec *Had*.

Les analyses de la différence Incorrect-Correct (Modèle 29) ont révélé plu-

| Région | Effet                        | df     | F     | p      | $\eta_p^2$ |
|--------|------------------------------|--------|-------|--------|------------|
| Ant    | Cond × Ses × Aux             | 2,2484 | 19.47 | <.0001 | 0.02       |
|        | Cond × Aux × Comp            | 2,370  | 15.89 | <.0001 | 0.08       |
|        | Cond × Gp × Comp             | 2,402  | 24.97 | <.0001 | 0.11       |
|        | Cond × Ses × Aux × Gp        | 2,2484 | 3.75  | .024   | 0.003      |
|        | Cond × Ses × Gp × Comp       | 2,305  | 4.15  | .017   | 0.03       |
|        | Cond × Aux × Gp × Comp       | 2,370  | 7.64  | .0006  | 0.04       |
|        | Cond × Ses × Aux × Gp × Comp | 2,1901 | 23.98 | <.0001 | 0.02       |
|        | Cond × Comp                  | 1,3666 | 6.39  | .012   | 0.02       |
| Post   | Cond × Ses × Aux             | 2,2507 | 25.29 | <.0001 | 0.02       |
|        | Cond × Ses × Comp            | 2,282  | 5.44  | .005   | 0.04       |
|        | Cond × Aux × Comp            | 2,398  | 4.94  | .008   | 0.02       |
|        | Cond × Gp × Comp             | 2,517  | 17.81 | <.0001 | 0.06       |
|        | Cond × Ses × Aux × Gp        | 2,2507 | 6.13  | .002   | 0.005      |
|        | Cond × Ses × Aux × Comp      | 2,2043 | 9.04  | .0001  | 0.009      |
|        | Cond × Ses × Hem × Comp      | 4,431  | 3.52  | .008   | 0.03       |
|        | Cond × Ses × Gp × Comp       | 2,282  | 3.49  | .032   | 0.02       |
|        | Cond × Aux × Gp × Comp       | 2,398  | 25.88 | <.0001 | 0.12       |
|        | Cond × Ses × Aux × Gp × Comp | 2,2043 | 15.07 | <.0001 | 0.01       |

TABLEAU 7.14 – Résultats des analyses dans la fenêtre 500-900 ms pour les apprenants (Ant : Antérieure, Post : Postérieure, Cond : Condition, Aux : Auxiliaire, Comp : Compétence, Ses : Session, Gp : Groupe, Hem : Hémisphère)

sieurs effets significatifs. Les interactions de plus haut niveau ne contenant pas l'interaction Groupe × Compétence étaient Auxiliaire × Compétence × Session ( $F(1,1940)=10.43$ ,  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=0.01$ ) et Auxiliaire × Groupe × Session ( $F(1,521)=8.37$ ,  $p=.004$ ,  $\eta_p^2=0.02$ ). Les analyses de la deuxième interaction n'ont pas révélé de paires significatives. Les tests post-hoc de la première interaction ont seulement montré que l'amplitude de la différence en réponse aux violations avec *Did* était plus grande lors du pré-test que lors du post-test pour les participants ayant une compétence Élevée ( $M_{s1-s2}=1.50 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.42$ ,  $t(45)=3.54$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.79$ ). Ce résultat est probablement le signe que la positivité observée en réponse aux violations avec *Did* dans la fenêtre plus précoce (200-400 ms) se poursuivait entre 500 et 900 ms au pré-test mais disparaissait au post-test. Plusieurs effets de région ont également été relevés mais, dans un souci de brièveté et du fait de leur intérêt limité, ils ne sont pas rapportés ici.

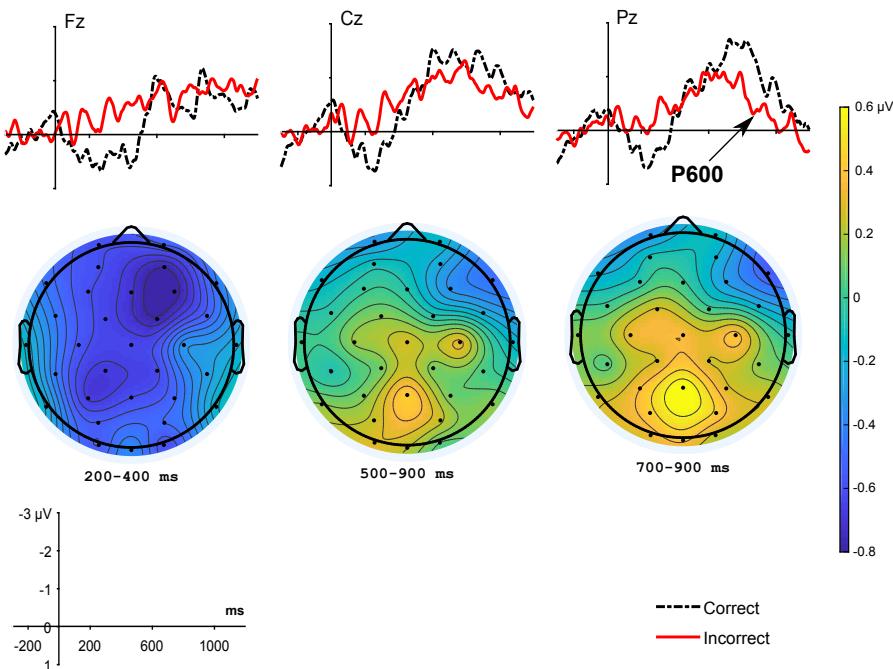


FIGURE 7.13 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants au post-test en réponse aux stimuli corrects et incorrects dans la condition Similaire, et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions Incorrecte et Correcte dans les fenêtres 200-400, 500-900 et 700-900 ms (Axe horizontal : temps de -200 à 1000 ms par pas de 400 ms; axe vertical : amplitude de -3 à 1  $\mu$ V par pas de 1  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

#### 7.6.2.3 700-900 ms

Étant donné qu'une P600 semblait apparaître sur la Figure 7.13, une analyse supplémentaire a été conduite dans une fenêtre plus tardive en région postérieure (Modèle 30). L'interaction significative de plus haut niveau ne comprenant pas l'interaction Compétence  $\times$  Groupe était Condition  $\times$  Session  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Compétence ( $F(2,2010)=13.57, p<.0001, \eta_p^2=0.01$ ). Une P600 était présente au post-test uniquement, dans la condition Similaire, pour les participants du groupe de compétence Élevée ( $M_{Inc-Cor}=1.31 \mu$ V,  $ES=0.38, t(41)=3.46, p=.026, d=0.66$ ). Les violations de la condition Similaire provoquaient donc bien une P600 après l'entraînement, mais plus tardivement que chez les natifs, et uniquement chez les participants les plus aptes à détecter les violations dans le jugement de grammaticalité.

Chez les apprenants, l'effet de l'auxiliaire et donc de la similarité L1-L2 était particulièrement important et déterminait la nature de la réponse aux violations. Les violations de la catégorie Conflictuelle (avec l'auxiliaire *Did*) provoquaient une

| Session   | Groupe                | Similarité                   | N400                       | P600 |
|-----------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|------|
| Pré-test  | Implicite & Explicite | Conflictuelle ( <i>Did</i> ) | – : positivité postérieure | –    |
|           |                       | Similaire ( <i>Had</i> )     | +                          | –    |
| Post-test | Implicite & Explicite | Conflictuelle ( <i>Did</i> ) | –                          | –    |
|           |                       | Similaire ( <i>Had</i> )     | +                          | –    |
|           | Explicite             | Similaire ( <i>Had</i> )     | ++                         | –    |
| Pré-test  | Compétence Élevée     | Conflictuelle ( <i>Did</i> ) | – : positivité postérieure | –    |
|           |                       | Similaire ( <i>Had</i> )     | +                          | –    |
|           | Compétence Faible     | Conflictuelle ( <i>Did</i> ) | –                          | –    |
|           |                       | Similaire ( <i>Had</i> )     | +                          | –    |
| Post-test | Compétence Élevée     | Conflictuelle ( <i>Did</i> ) | –                          | –    |
|           |                       | Similaire ( <i>Had</i> )     | ++                         | +    |
|           | Compétence Faible     | Conflictuelle ( <i>Did</i> ) | –                          | –    |
|           |                       | Similaire ( <i>Had</i> )     | +                          | –    |

TABLEAU 7.15 – Expérience 1 : Récapitulatif des résultats en potentiels évoqués

positivité précoce (200-400 ms) postérieure au pré-test, chez les participants les plus compétents. Cette positivité ne se poursuivait pas en P600. Dans la catégorie Similaire (avec l'auxiliaire *Had*), les incongruités syntaxiques provoquaient une négativité, antérieure ou postérieure, chez les participants de tous les groupes. Celle-ci était renforcée après l'entraînement chez les participants les plus compétents et ceux du groupe Explicite (voir Figure 7.13). Chez les participants les plus compétents, cette négativité était suivie d'une P600 tardive. Les résultats des analyses en potentiels évoqués sont récapitulés dans le Tableau 7.15.

### 7.6.3 Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs

#### 7.6.3.1 N400

Étant donné que les résultats des locuteurs natifs suggéraient la présence d'une N400 dans la fenêtre 200-400 ms, les analyses ont été réalisées sur un groupe d'électrodes centrales et postérieures (C3, C4, CP1, CP2, Cz, CP5, CP6, P3, P4, et Pz). Les analyses conduites avec les données du pré-test (Modèle 31) ont révélé un effet significatif de la Compétence ( $F(1,75)=5.64, p=.020, \eta_p^2=0.07$ ) : pour tous, l'amplitude de la différence Incorrect-Correct était plus négative pour les participants ayant le meilleur *d'* ( $M_{\text{Élevée}-\text{Faible}}=-0.71 \mu\text{V}, ES=0.30, t(75)=-2.37, p=.020, d=0.43$ ). Les interactions Groupe  $\times$  Auxiliaire ( $F(3,40)=5.74, p=.002, \eta_p^2=0.30$ ) et Groupe

$\times$  Auxiliaire  $\times$  Hémisphère ( $F(6,42)=3.16$ ,  $p=.012$ ,  $\eta_p^2=0.31$ ) étaient également significatives.

Avec les données du post-test (Modèle 32), l'interaction Groupe  $\times$  Compétence  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Hémisphère était significative ( $F(6,71)=3.06$ ,  $p=.010$ ,  $\eta_p^2=0.21$ ), mais les tests a posteriori n'ont révélé qu'un effet d'Hémisphère pour les locuteurs natifs.

Au pré-test, la compétence avait donc un effet plus grand sur l'amplitude de la N400 que le groupe : la N400 était plus négative chez les participants les plus à même de juger explicitement de la grammaticalité des stimuli entendus.

#### 7.6.3.2 P600

Les analyses n'ayant pas révélé de P600 significative pour les apprenants dans la même fenêtre que pour les natifs, les données de ces groupes n'ont pas été comparées quantitativement.

#### 7.6.4 Différences individuelles

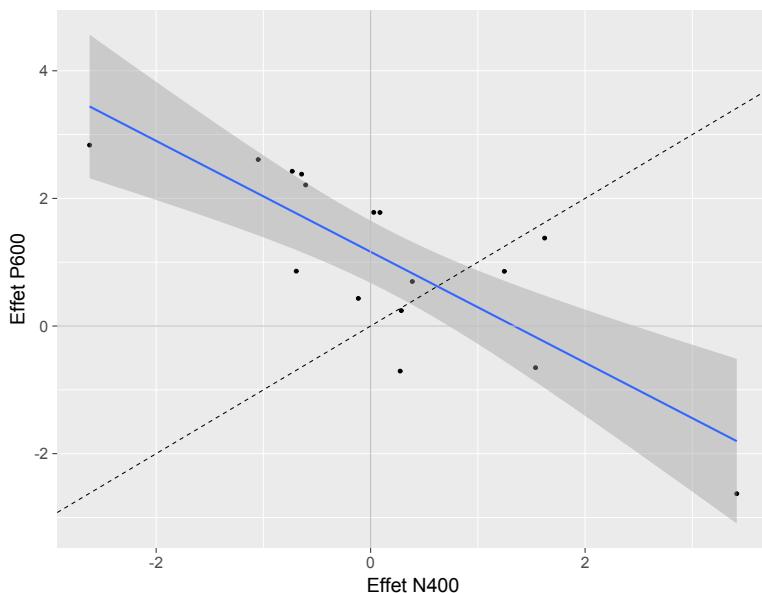


FIGURE 7.14 – Relation entre la magnitude des effets N400 et P600 pour les locuteurs natifs (chaque point représente un individu ; la ligne bleue représente la meilleure estimation de la corrélation ; la ligne en pointillés représente des magnitudes équivalentes de la N400 et P600 : les individus à gauche de cette ligne manifestaient principalement une P600, alors que ceux de droite manifestaient plutôt une N400)

Les résultats de [Tanner et van Hell \(2014\)](#) et [Tanner et al. \(2014\)](#) montrent que des différences individuelles existent, même chez les locuteurs natifs, au niveau du

type de composante en potentiels évoqués engendré par des violations syntaxiques. Par conséquent, de nouvelles analyses ont été conduites sur la différence d'amplitude entre conditions Incorrecte et Correcte sur la région centro-postérieure, incluant les électrodes suivantes : C3, C4, CP1, CP2, Cz, CP5, CP6, P3, P4, et Pz. Chez les locuteurs natifs, les analyses ont montré une corrélation négative entre la présence d'un effet N400 (défini comme une négativité sur la fenêtre 200-400 ms) et celle d'un effet P600 (une positivité dans la fenêtre 500-900 ms) ( $t(14) = -4.06$ ,  $p = .001$ ,  $r = -0.74$ ). Les erreurs morphosyntaxiques rencontrées provoquaient donc ou une P600 ou une N400 selon les participants mais pas les deux à la fois (voir Figure 7.14).

Chez les apprenants, l'effet P600 et l'effet N400 étaient également corrélés négativement ( $t(126) = -7.61$ ,  $p < .0001$ ,  $r = -0.56$ ), bien que cette corrélation soit moins forte que chez les locuteurs natifs.

#### 7.6.4.1 Indice de Dominance de la Réponse

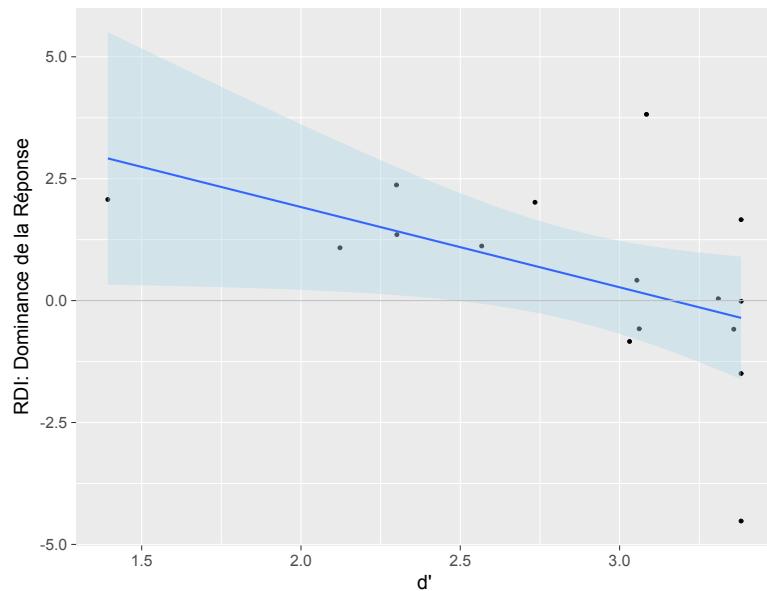


FIGURE 7.15 – Relation entre l'indice de dominance de la réponse (RDI) et la performance au GJT ( $d'$ ) chez les locuteurs natifs de l'anglais

L'indice de dominance de la réponse ou *Response Dominance Index* (RDI) a été calculé pour chaque participant d'après [Tanner et van Hell \(2014\)](#). Sa formule est la suivante :

$$\frac{(P600_{Agr} - P600_{Gram}) - (N400_{Gram} - N400_{Agr})}{\sqrt{2}}$$

où :

- $P600_{Agr}$  = l'amplitude moyenne de la réponse entre 500 et 900 ms pour les phrases agrammaticales.
- $P600_{Gram}$  = l'amplitude moyenne de la réponse entre 500 et 900 ms pour les phrases agrammaticales.
- $N400_{Agr}$  = l'amplitude moyenne de la réponse entre 200 et 400 ms pour les phrases agrammaticales.
- $N400_{Gram}$  = l'amplitude moyenne de la réponse entre 200 et 400 ms pour les phrases grammaticales.

**Locuteurs Nativs** La corrélation entre le **RDI** et la performance des locuteurs natifs sur le jugement de grammaticalité était significative ( $t(14)=-2.15$ ,  $p=.049$ ,  $r=-0.50$ ) : plus ils étaient performants sur cette tâche, plus leur **RDI** était proche de 0 ou négatif, c'est-à-dire que les réponses électrophysiologiques des locuteurs les plus aptes à détecter les anomalies grammaticales cibles étaient plus proches soit d'une négativité unique, soit d'une réponse biphasique. Ce résultat est surprenant, puisqu'on considère généralement que les violations morphosyntaxiques provoquent des P600 chez les natifs. La P600 est également associée à de meilleures **connaissances explicites** et métalinguistiques, qui se traduisent normalement par une meilleure performance sur un jugement de grammaticalité correspondant. Pourquoi cette corrélation négative ?

Premièrement, si l'on regarde la distribution des **RDI** individuels (voir Figure 7.15), on remarque que cet effet est principalement dû au fait qu'aucun participant au *d'* plus faible n'avait un **RDI** négatif. En revanche, le nombre de participants plus performants ayant un **RDI** négatif et positif est équivalent (cinq participants ont un **RDI** strictement positif et cinq ont un **RDI** strictement négatif parmi les dix participants ayant un *d'* supérieur à 3.0). Il convient de rappeler que le nombre de participants ( $n=16$ ), s'il est adapté à l'analyse classique des résultats EEG du fait du grand nombre de mesures réalisées, reste faible pour analyser des données, comme le **RDI**, qui ne prennent en compte qu'une seule mesure par participant. Des résultats différents auraient peut être été obtenus avec une plus grande population. En outre, il s'agit ici de locuteurs natifs, et leur performance sur un jugement de grammaticalité somme toute assez simple atteint pour beaucoup d'entre eux un plafond.

Enfin, contrairement à ce qui est fait dans beaucoup d'études, la tâche réalisée pendant l'enregistrement des données **EEG** n'était pas un jugement de grammaticalité, afin de ne pas favoriser autre mesure un traitement explicite des phrases. Cela a pu chez certains participants jouer un rôle dans les réponses observées, selon l'attention qu'ils portaient aux violations grammaticales et l'importance qu'ils leur accordaient dans l'évaluation du stimulus comme sémantiquement acceptable ou non. Ainsi, la corrélation entre **RDI** et *d'* sémantique était marginalement significative ( $t(14)=-1.87$ ,  $p=.083$ ,  $r=-0.45$ ) : moins le *d'* sémantique des natifs était

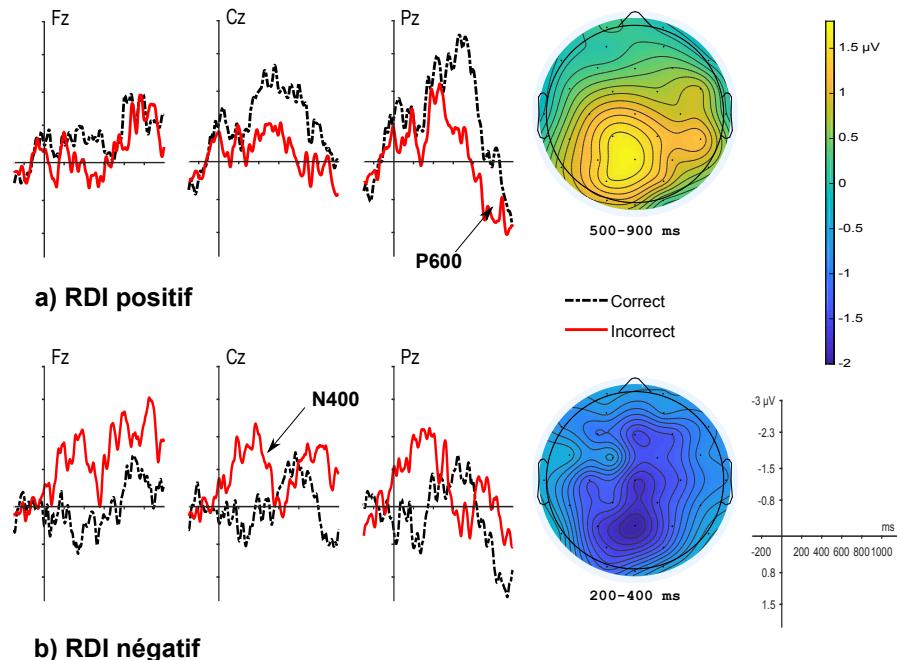


FIGURE 7.16 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les locuteurs natifs en réponse aux stimuli corrects et incorrects en fonction de l’indice de dominance de la réponse : (a) Potentiels évoqués pour le groupe ayant un RDI positif et carte topographique établie à partir de la différence entre conditions Incorrecte et Correcte dans la fenêtre 500-900 ms ; (b) Potentiels évoqués pour le groupe ayant un RDI négatif et carte topographique de la différence entre conditions Incorrecte et Correcte entre 200 et 400 ms (Axe horizontal : temps de -200 à 1000 ms par pas de 200 ms; axe vertical : amplitude de -3 à 1.5  $\mu$ V par pas de 0.75  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

élevé, c'est-à-dire plus ils accordaient de poids à la grammaticalité des phrases pour évaluer leur acceptabilité sémantique, plus leur indice de dominance était positif. Une P600 apparaissait donc plutôt chez les participants concentrant leur attention sur les erreurs grammaticales.

**Apprenants** Pour les apprenants, un modèle (Modèle 33) a été calculé avec comme variable dépendante le RDI et comme effets fixes l’Auxiliaire, la Session, le Groupe et la Compétence (Élevée / Faible). L’interaction de plus haut niveau, Compétence  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Session  $\times$  Groupe, était significative ( $F(1,104)=5.62$ ,  $p=.02$ ,  $\eta_p^2=0.05$ ). Les tests post-hocs de cette interaction n’ont pas révélé de paires significativement différentes. Les interactions suivantes étaient marginalement significatives : Compétence  $\times$  Session ( $F(1,90)=3.15$ ,  $p=.080$ ,  $\eta_p^2=0.03$ ), Auxiliaire  $\times$  Session ( $F(1,86)=3.42$ ,  $p=.068$ ,  $\eta_p^2=0.04$ ), Compétence  $\times$  Auxiliaire  $\times$  Session ( $F(1,104)=.082$ ,  $\eta_p^2=0.03$ ) ainsi que l’effet de l’auxiliaire ( $F(1,45)=3.74$ ,  $p=.059$ ,  $\eta_p^2=0.08$ ). Ces in-

teractions ont été examinées à l'aide de tests a posteriori, mais les résultats doivent être pris avec précaution. L'effet de l'auxiliaire suggère que le **RDI** en réponse aux violations avec l'auxiliaire *Did* était supérieur à celui avec l'auxiliaire *Had* ( $M_{Did-Had}=0.67 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.35$ ,  $t(45.42)=1.94$ ,  $p=.059$ ,  $d=0.34$ ). L'analyse de l'interaction à trois termes suggère que cette différence était restreinte au groupe le plus compétent et au pré-test ( $M_{Did-Had}=1.80 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.65$ ,  $t(88)=2.77$ ,  $p=.034$ ,  $d=0.87$ ), ce qui correspond au fait que chez ces participants, les violations provoquaient une réponse positive avec *Did* mais négative avec *Had* avant l'entraînement.

Peu de recherches ont à ce jour été effectuées sur les paramètres influençant le **RDI**. Chez les locuteurs natifs, il est possible que le **RDI** soit influencé par le taux de gauchers dans la famille proche, alors que chez les apprenants, il pourrait dépendre de l'âge d'acquisition de la **L2** et de la motivation à parler comme un locuteur natif (Tanner et van Hell, 2014). Nos résultats montrent que la polarité de la réaction des apprenants aux violations semble avoir été influencée par la similarité de celles-ci avec la **L1** : celles de la condition Similaire provoquaient plutôt une négativité, alors que celles de la condition Conflictuelle étaient suivies d'une positivité. Cependant, cette relation était limitée à la session du pré-test et au groupe le plus compétent. Le **RDI** n'était pas lié à la compétence des participants.

**Comparaison entre locuteurs natifs et apprenants** Aucun effet impliquant le Groupe n'était significatif, ni avec les données du pré-test, ni avec celles du post-test (Modèle 34).

#### 7.6.4.2 Indice de Magnitude de la Réponse

L'indice de magnitude de la réponse (*Response Magnitude Index* (RMI), voir Tanner et al., 2014) a également été calculé pour chaque participant. Sa formule est la suivante :

$$\sqrt{(N400_{Gram} - N400_{Agr})^2 + (P600_{Agr} - P600_{Gram})^2}$$

**Locuteurs natifs** Il n'y avait pas de corrélation entre la performance au jugement de grammaticalité et la magnitude de la réponse ( $t(14)=-0.14$ ,  $p=.89$ ,  $r=-0.04$ ), contrairement à ce qui a pu être observé dans d'autres études, dans lesquelles les réponses électrophysiologiques étaient plus amples chez les participants les plus compétents (Pakulak et Neville, 2010; Tanner et al., 2013). Il est possible que cette absence de corrélation soit due au fait que la performance des natifs sur le jugement de grammaticalité était voisine de 100 %.

**Apprenants** Avec le **RMI** (Modèle 35), l'interaction significative de plus haut niveau était Compétence × Session × Groupe ( $F(1,57)=5.62$ ,  $p=.020$ ,  $\eta_p^2=0.06$ )

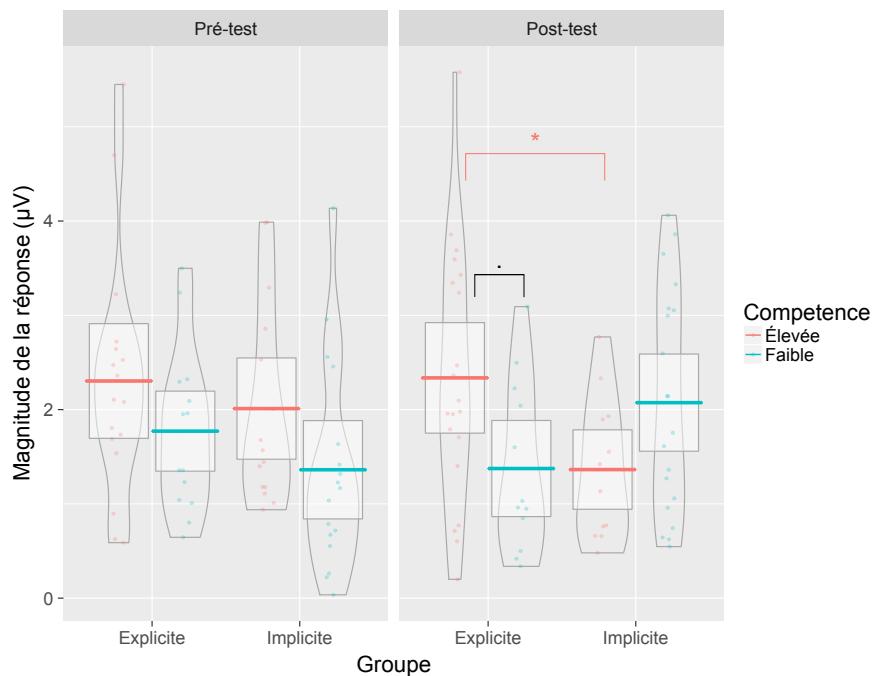


FIGURE 7.17 – Magnitude de l’effet (RMI) en fonction du Groupe, de la Compétence et de la Session

(voir Figure 7.17). L’analyse de cette interaction a révélé un effet de la Compétence pour le groupe Explicite au post-test seulement : le RMI des participants les plus performants était supérieur à celui des participants les moins performants ( $M_{\text{Élevée}-\text{Faible}}=1.06 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.39$ ,  $t(54)=2.70$ ,  $p=.044$ ,  $d=0.89$ ). Dans cette même session de test, l’effet de Groupe était marginalement significatif parmi les participants de compétence Élevée : le RMI des participants du groupe Explicite était supérieur à celui du groupe Implicit ( $M_{E-I}=0.96 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.39$ ,  $t(41)=2.44$ ,  $p=.085$ ,  $d=0.83$ ). Il est intéressant de noter que cette différence de Groupe au post-test se retrouvait aussi sur la capacité à rejeter les items agrammaticaux.

Comme cela a été observé précédemment, la magnitude de l’effet observé chez les apprenants — plutôt une négativité entre 200 et 400 ms — était liée à la compétence : l’effet était plus grand chez les participants capables de détecter explicitement les violations cibles.

**Comparaison entre natifs et apprenants** Pour les données du pré-test (Modèle 36), les analyses ont révélé un effet significatif de l’Auxiliaire ( $F(1,41)=4.53$ ,  $p=.039$ ,  $\eta_p^2=0.10$ ) et de la Compétence ( $F(1,63)=8.55$ ,  $p=.005$ ,  $\eta_p^2=0.12$ ), mais pas du Groupe. Le RMI des participants les plus compétents était supérieur à celui des

moins compétents ( $M_{\text{Élevée-Faible}}=0.63 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.21$ ,  $t(63)=2.92$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.60$ ). Le **RMI** était aussi plus grand pour la condition Conflictuelle ( $M_{\text{Did-Had}}=0.43 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.20$ ,  $t(41)=2.13$ ,  $p=.039$ ,  $d=0.40$ ).

Avec les données du post-test (Modèle 36), l’interaction Groupe  $\times$  Compétence était significative ( $F(2,84)=5.37$ ,  $p=.006$ ,  $\eta_p^2=0.11$ ). Chez les participants les plus compétents, le **RMI** du groupe Explicite était plus élevé que celui du groupe Implicite ( $M_{E-I}=0.97 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.39$ ,  $t(84)=2.47$ ,  $p=.040$ ,  $d=0.84$ ), et celui des Nativs marginalement plus élevé que celui du groupe Implicite ( $M_{NS-I}=0.86 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.39$ ,  $t(84)=2.22$ ,  $p=.075$ ,  $d=0.86$ ). Chez les participants des groupes Explicite et Nativs, le **RMI** des participants ayant une compétence élevée était supérieur à celui des participants ayant une compétence faible ( $M_{E,\text{Élevée}-E,\text{Faible}}=0.96 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.39$ ,  $t(84)=2.45$ ,  $p=.017$ ,  $d=0.80$ ;  $M_{NS,\text{Élevée}-NS,\text{Faible}}=0.77 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.41$ ,  $t(84)=1.88$ ,  $p=.064$ ,  $d=0.76$ ). Au post-test, le **RMI** était donc lié à la compétence uniquement pour les participants prêtant le plus d’attention aux violations grammaticales, ce qui est cohérent avec le fait que des liens ont été observés entre compétence et amplitude de la P600 en présence d’un jugement de grammaticalité (Tanner *et al.*, 2013). Ces résultats doivent cependant être pris avec précaution du fait du faible nombre de données incluses dans le modèle, puisque d’une part le regroupement des données pour le calcul du **RDI** et du **RMI** réduit les données à une seule mesure par combinaison (Participant, Session, Auxiliaire) et d’autre part la combinaison des facteurs Groupe et Compétence réduit le nombre de participants par catégorie.

# Chapitre 8

## Discussion

### Sommaire

---

|     |                                                                    |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1 | Effet de l'entraînement . . . . .                                  | 206 |
| 8.2 | Effet du type d'entraînement . . . . .                             | 208 |
| 8.3 | Effet de similarité L1-L2 . . . . .                                | 211 |
| 8.4 | Développement des connaissances explicites et implicites . . . . . | 215 |
| 8.5 | Conclusion . . . . .                                               | 217 |

---

Dans cette expérience, nous avons cherché à étendre les résultats obtenus en langues artificielles à une langue naturelle dans laquelle les apprenants avaient déjà un niveau intermédiaire, afin d'examiner l'efficacité des entraînements implicite et explicite. Des apprenants francophones de l'anglais ont été aléatoirement répartis dans deux groupes suivant soit un entraînement explicite, fondé sur la familiarisation avec des règles métalinguistiques, soit un entraînement implicite, s'appuyant sur l'exposition à de nombreux exemples grammaticaux. Après cet entraînement initial, les deux groupes complétaient les mêmes sessions de pratique pour lesquelles des stratégies différentes pouvaient être utilisées selon l'entraînement initial qu'ils avaient suivi. Le signal **EEG** a été enregistré pendant que les participants évaluaient l'acceptabilité sémantique de stimuli comprenant des violations grammaticales. À l'issue de cet enregistrement, les participants jugeaient la grammaticalité de stimuli dans un temps limité puis, lors du post-test, ils étaient invités à émettre un jugement de confiance et à déterminer la source de leur décision.

Cette expérience visait donc à comparer l'impact d'entraînements explicite et implicite sur l'acquisition d'une structure morphosyntaxique de l'anglais, en interaction avec la similarité de la structure cible entre la **L1** et la **L2** des participants. Nous nous intéressions également à l'effet de ces entraînements sur le développement et le recrutement des connaissances implicites et des connaissances explicites.

Un groupe de locuteurs natifs de l'anglais a également été soumis à l'enregistrement **EEG** et au jugement de grammaticalité afin de fournir une base de comparaison pour l'évolution des résultats des apprenants francophones. Ces locuteurs ont obtenu de bons scores au jugement de grammaticalité, mais ont moins réussi le jugement d'acceptabilité sémantique. Cette contre-performance semble due à leur incapacité à considérer comme sémantiquement acceptables les stimuli contenant des incongruités grammaticales. Les violations critiques provoquaient chez ces participants une P600. Celle-ci était précédée d'une N400 seulement chez les locuteurs ayant le meilleur **d'**, et significative uniquement après les violations avec l'auxiliaire *Had*. Les violations morphosyntaxiques engendrent généralement chez les locuteurs natifs une réponse biphasique composée d'une LAN suivie d'une P600 (Friederici *et al.*, 1993; Gunter *et al.*, 1997; Osterhout et Mobley, 1995). Or ici, la négativité n'était pas antérieure mais postérieure. Le motif biphasique N400 + P600 est plutôt associé au traitement de violations de la structure argumentale du verbe (Friederici et Meyer, 2004), ce qui ne correspond pas au type de violations présentées ici. Il est possible que l'apparition de ce motif biphasique chez les locuteurs natifs soit plutôt le résultat du moyennage des potentiels évoqués sur les données de participants ne présentant pas tous les mêmes réponses : une N400 pouvait être présente chez certains et une P600 chez d'autres (Tanner et van Hell, 2014). C'est ce que l'analyse des corrélations entre N400 et P600 semble suggérer. On peut noter en outre que les réponses observées dans ce groupe correspondent à celles obtenues lorsqu'un jugement de grammaticalité est réalisé pendant l'enregistrement des données **EEG** — en effet, les réponses des natifs au jugement d'acceptabilité sémantique accordent une place importante à la correction grammaticale.

Les résultats des apprenants ont permis de mettre en avant plusieurs effets.

## 8.1 Effet de l'entrainement

### Comportement

Un effet de Session a été observé sur les deux tâches comportementales liées à la grammaire : le jugement de grammaticalité en temps limité et les textes à trous. Ces derniers constituaient la tâche mobilisant le plus les **connaissances explicites** des participants : la meilleure performance lors du post-test indique une amélioration des connaissances déclaratives des structures critiques. L'effet de Session sur le jugement de grammaticalité était dû à une amélioration sur les stimuli grammaticaux, en particulier pour les apprenants du groupe Implicit. Lors du pré-test, la performance des locuteurs natifs était supérieure à celle des apprenants sur les items grammaticaux et agrammaticaux ; lors du post-test, ce n'était le cas que pour les items agrammaticaux : les apprenants avaient suffisamment amélioré leur per-

formance sur les stimuli grammaticaux pour que celle-ci soit similaire à celle des natifs.

Les deux types d'entrainement avaient donc bien un bénéfice sur les réponses comportementales des participants, bien que ces derniers aient déjà un niveau intermédiaire dans leur L2.

## Potentiels évoqués

Les réponses en potentiels évoqués des participants ont également évolué entre les deux sessions d'entrainement. Dans la fenêtre 200-400 ms, les violations avec l'auxiliaire *Did* provoquaient une positivité postérieure lors du pré-test chez les locuteurs les plus compétents, mais celle-ci avait disparu après l'entrainement. Cette positivité rappelle la P3b, une déviation positive débutant à partir de 250 ms après l'événement critique et maximale en région postérieure. Cette composante suit les événements saillants et inattendus (Luck, 2014; Sassenhagen *et al.*, 2014), et des chercheurs considèrent qu'elle a un lien étroit avec la P600, qui pourrait en être une sous-composante (Sassenhagen et Bornkessel-Schlesewsky, 2015; Sassenhagen *et al.*, 2014). Les violations avec *Did* impliquaient l'ajout du morphème du passé, et étaient donc plus saillantes que celles avec l'auxiliaire *Had*. La réaction observée ici pourrait être liée à l'orientation de l'attention des participants vers la terminaison verbale. Les violations de ce type provoquent donc bien une réaction chez les participants, malgré leur mauvaise performance comportementale (la proportion de réponses correctes pour les violations avec *Did* n'est pas différente du hasard). Une P3a a également été observée en réponse à des violations grammaticales en L2 par Mueller *et al.* (2009). Il est intéressant de noter que dans l'expérience de Morgan-Short *et al.* (2012), les violations syntaxiques en Brocanto2 provoquaient une positivité précoce chez les participants ayant reçu un entraînement explicite. Or nos participants ont tous appris l'anglais via le système scolaire et donc de manière presque exclusivement explicite. Ce type d'entrainement visant à attirer l'attention sur les formes grammaticales, il est possible que la positivité obtenue ici reflète le recours à des mécanismes attentionnels pour traiter la présence inattendue du morphème du passé.

Si le traitement de ce type de violation fait réellement l'objet de l'attention des participants, il est surprenant que leur score au jugement de grammaticalité pour cette catégorie d'incongruités soit si faible. Cependant, la positivité n'était significative que pour les participants les plus compétents, soit ceux qui percevaient bien la différence entre les conditions Correcte et Incorrecte, même pour cette structure fonctionnant de manière conflictuelle dans leurs deux langues. Leur attention était bien attirée par la différence, mais il semble qu'ils ne l'ont pas traitée comme pertinente du point de vue de la grammaticalité de la phrase.

Les violations dans les phrases de la condition Similaire (avec l'auxiliaire *Had*)

provoquaient une négativité significative qui s'intensifiait au post-test pour les participants les plus compétents et ceux du groupe Explicite. Cette négativité était plutôt antérieure, ce qui correspond au motif attendu chez les apprenants les plus compétents (Gillon-Dowens *et al.*, 2010; Hahne *et al.*, 2006; Ojima *et al.*, 2005; Rossi *et al.*, 2006), mais s'étendait en région postérieure pour les participants les moins compétents, rappelant la N400 souvent observée chez les apprenants maîtrisant moins la L2 (McLaughlin *et al.*, 2010; Osterhout *et al.*, 2006). L'augmentation de cette négativité au post-test indique un meilleur traitement des violations conflictuelles après l'entraînement.

L'entraînement provoquait donc bien une évolution au niveau comportemental et au niveau des réponses électrophysiologiques, et ce malgré sa durée réduite et les connaissances préalables que les participants possédaient dans leur L2. Cette évolution n'était cependant pas suffisante pour atteindre des réponses quantitativement et qualitativement semblables à celles des locuteurs natifs. L'expérience visait cependant la comparaison de deux types d'entraînement : les entraînements explicite et implicite ont-ils eu des effets distincts sur la performance des participants ?

## 8.2 Effet du type d'entraînement

### Comportement

Au post-test, le temps de réponse des participants des deux groupes était ralenti par rapport au pré-test. Pour les participants du groupe Implicite, ce ralentissement concernait à la fois les items grammaticaux et agrammaticaux. À l'inverse, il était limité aux items grammaticalement corrects pour le groupe Explicite. Cette augmentation du temps de réponse au post-test suggère une plus grande utilisation des connaissances explicites. L'absence de ralentissement pour les items agrammaticaux chez les participants du groupe Explicite est peut-être le signe d'un début d'automatisation de leur réaction au type de violations rencontrées. Leurs connaissances explicites étaient suffisantes pour traiter rapidement les items contenant des erreurs grammaticales : le ralentissement sur les stimuli grammaticaux est probablement le résultat du caractère explicite d'un jugement de grammaticalité, même en temps limité. En effet, les participants savent qu'une erreur grammaticale est susceptible de figurer dans les stimuli. Lorsqu'ils la repèrent rapidement, ils peuvent rejeter la phrase sans tarder ; mais si-ils n'en détectent pas, cela peut être le résultat de deux cas de figure : soit l'item est en effet grammatical, soit ils n'ont pas de prime abord reconnu la violation. On peut penser que malgré la pression temporelle, les participants passent mentalement le stimulus en revue afin de vérifier une fois de plus l'absence d'erreur grammaticale, augmentant donc leur temps de réponse.

Les participants ayant suivi un entraînement explicite étaient plus performants

que les autres apprenants dans la condition conflictuelle (avec *Did*), et sur la détection des erreurs grammaticales au post-test. Ce type d'entraînement était donc plus efficace pour l'amélioration du traitement de la condition la plus problématique, notamment grâce au développement de connaissances explicites qui permettaient de mieux détecter les violations morphosyntaxiques cibles.

## Potentiels évoqués

Les évolutions des potentiels évoqués entre les deux sessions de test étaient semblables chez les deux groupes d'entraînement. La seule différence notable est que la négativité suivant les violations avec *Had* entre 200 et 400 ms ne s'amplifiait au post-test que chez les participants du groupe Explicite. Cette négativité plus importante suggère un traitement plus efficace des violations morphosyntaxiques de la catégorie Similaire.

Les analyses prenant en compte les différences individuelles entre les participants ont montré que l'amplitude de la réponse (réflétée par le RMI) aux violations était plus grande pour les participants les plus performants du groupe Explicite et pour les locuteurs natifs après l'entraînement. Ce résultat est conforme à ce que l'on peut attendre : le RMI est généralement considéré comme corrélé à la compétence (Batterink et Neville, 2013b; Tanner et van Hell, 2014). Des composantes plus amples, quelle que soit leur polarité, ont donc été observées chez les participants ayant le meilleur *d'*, mais pas chez les participants du groupe Implicit.

Après l'entraînement, le RMI des participants du groupe Explicite et des Natiifs les plus compétents était supérieur à celui des participants du groupe Implicit les plus compétents. Il n'y avait en revanche pas de différence significative entre locuteurs natifs et groupe Explicite. L'entraînement explicite a donc permis aux apprenants de manifester des réponses en potentiels évoqués dont l'amplitude était similaire à celle des locuteurs natifs. L'entraînement implicite semble pour sa part ne pas avoir été suffisant pour avoir cet effet. En conclure que l'entraînement explicite est le seul permettant d'atteindre des réponses totalement similaires à celles des locuteurs natifs est cependant prématuré. En effet, le *d'* des participants des deux groupes d'apprenants ne différait pas significativement, mais les résultats au jugement de grammaticalité du groupe Explicite le plus compétent tendait à être légèrement meilleur que pour le groupe Implicit (Médiane<sub>E</sub>=1.62, Médiane<sub>I</sub>=0.80 ; M<sub>E</sub>=1.45, M<sub>I</sub>=0.81, ET<sub>E</sub>=1.28, ET<sub>I</sub>=1.07). Les participants du groupe Implicit auraient peut-être eu un RMI plus grand si leurs compétences explicites avaient été plus développées. En effet, la performance des participants du groupe Explicite au jugement du grammaticalité est essentiellement due à leurs connaissances explicites — ce qui n'est en revanche probablement pas le cas des locuteurs natifs. Les participants du groupe Implicit n'ont pas eu autant l'occasion de développer des connaissances explicites leur permettant de combler leurs lacunes procédurales par

rapport aux locuteurs natifs. Davantage de temps et d'entraînement pourrait leur permettre soit d'acquérir des *connaissances explicites* similaires à celles des participants de l'autre groupe, soit de développer leurs aptitudes procédurales.

D'autre part, chez les participants du groupe Implicite, le *RMI* n'était pas associé au *d'* : le *RMI* pour les participants compétents du groupe Implicite n'était donc pas particulièrement élevé. Il semble que la corrélation généralement observée entre *RMI* et compétence soit, comme l'apparition de la P600, liée à la tâche et à l'attention portée aux violations cibles : la réponse à ces incongruités est plus ample lorsque les locuteurs ont une meilleure maîtrise de la langue et de la violation cible, mais uniquement s'ils prêtent explicitement attention à ces violations. L'absence de corrélation chez les participants du groupe Implicite pourrait donc s'expliquer par le fait qu'ils ne sont pas explicitement attentifs aux violations cibles présentes dans l'*input* lors de la tâche *EEG*.

La similitude quantitative observée entre les *RMI* des participants du groupe Explicite et des locuteurs natifs ne signifie pas que les mêmes processus sont à l'œuvre dans les deux groupes, ni que le traitement des violations est parfaitement identique. En revanche, cela montre que l'entraînement explicite a permis aux apprenants de développer suffisamment leurs connaissances pour compenser partiellement leurs déficiences par rapport aux natifs, de telle sorte qu'ils détectaient mieux les incongruités grammaticales cibles même lorsque des efforts étaient réalisés pour attirer leur attention sur d'autres paramètres de l'*input*. Le bénéfice supérieur pour l'entraînement explicite observé ici n'est donc pas totalement indépendant des mesures utilisées. Malgré les efforts déployés pour limiter l'avantage généralement donné aux mesures explicites (utilisation de potentiels évoqués sans jugement de grammaticalité simultané), l'attitude des participants pendant la tâche *EEG* pouvait s'appuyer plus ou moins sur un traitement explicite, et les locuteurs natifs ont majoritairement utilisé ce mode de traitement. L'entraînement explicite, qui vise à favoriser des processus de ce type, présentait donc nécessairement un avantage.

Le type d'entraînement avait donc une influence sur l'évolution des réponses en potentiels évoqués, bien que cette influence ait été limitée. La progression après l'entraînement n'était cependant pas uniforme : elle était également influencée par l'autre paramètre clef de l'expérience, la similarité du fonctionnement de la structure en *L1* et *L2*.

## 8.3 Effet de similarité L1-L2

### Comportement

Le critère de similarité avait tout d'abord un effet sur la détection explicite des violations pendant le jugement de grammaticalité en temps limité, en interaction avec le groupe d'entraînement. En effet, les participants du groupe Implicite avaient un meilleur *dl* avec *Had* qu'avec *Did*, alors que cet effet de l'auxiliaire n'était pas significatif chez les participants du groupe Explicite. Ces derniers étaient meilleurs que ceux du groupe Implicite pour détecter les incongruités grammaticales après l'entraînement, et pour traiter les stimuli avec *Did*. Les items agrammaticaux de la condition Conflictuelle sont les plus problématiques du point de vue de la similarité L1-L2 : en français, l'auxiliaire est suivi du participe-passé, forme qui est incorrecte après l'auxiliaire *Did*. Les items agrammaticaux avec *Did* suivent donc une forme qui est acceptable en français : cela explique que, malgré leur plus grande saillance phonologique (qui attire bien l'attention de certains apprenants du groupe Implicite, comme en témoigne la positivité précoce observée en réponse à ces items), ils ne soient pas analysés comme des incongruités syntaxiques. Pour cette condition au fonctionnement conflictuel dans la L1 et la L2 des participants, l'entraînement explicite présentait donc bien un avantage : si l'attention des apprenants n'est pas attirée sur le fait que la structure française (auxiliaire suivi du participe-passé) n'est pas grammaticale avec l'auxiliaire *Did*, ils continuent à l'accepter.

Les locuteurs natifs étaient meilleurs que les apprenants des deux groupes quelle que soit la condition de similarité lors du pré-test. Après l'entraînement, les locuteurs natifs restaient meilleurs que les apprenants des deux groupes avec l'auxiliaire *Did*, mais leur *dl* ne différait que de celui du groupe Explicite avec *Had*. Cependant, les analyses incluant le facteur Grammaticalité indiquent que les participants du groupe Implicite n'étaient pas aussi performants que les natifs même dans la condition Similaire.

Les locuteurs natifs étaient également plus performants que les apprenants sur les phrases agrammaticales pour les deux auxiliaires, alors qu'il n'y avait plus de différence pour les items grammaticaux. L'entraînement a donc permis aux apprenants de devenir suffisamment performants dans l'acceptation des phrases grammaticales pour ne plus se distinguer des natifs. Selon Ellis (2005b) et Roehr-Brackin (2015), les items grammaticaux d'un jugement de grammaticalité ciblent les *connaissances implicites* des participants. L'amélioration de la performance des apprenants du groupe Implicite sur ces phrases pourrait donc être interprétée comme un développement de leurs *connaissances implicites*. Cependant, l'augmentation du temps de réponse qui accompagne cette amélioration suggère qu'elle est aussi accompagnée d'un développement des *connaissances explicites*.

L'observation des temps de réponse a fourni un résultat pouvant sembler surpre-

nant : malgré leur moins bonne performance pour les phrases contenant l'auxiliaire *Did*, les apprenants répondaient plus rapidement à ces items qu'à ceux construits avec l'auxiliaire *Had*. On s'attendrait à ce que la structure la mieux maîtrisée soit traitée plus rapidement : le temps de réponse devrait donc être plus faible avec *Had*. Ces résultats montrent que la maîtrise de la structure avec *Had* n'est pas suffisante pour être traitée avec des mécanismes procéduraux, ni même par le biais de connaissances explicites très automatisées. La meilleure performance des apprenants avec cet auxiliaire est due à une plus grande maîtrise explicite de la structure : seules les connaissances déclaratives sont utilisées pour traiter avec efficacité les violations de ce type. Il semble qu'avec l'auxiliaire *Did*, les participants répondaient plus vite, mais avec une exactitude moindre, ce qui suggère que leurs connaissances explicites étaient insuffisantes ou erronées, les poussant à réagir rapidement avec de mauvaises intuitions. Chez les locuteurs natifs, le temps de réponse dépendait de l'exactitude de la réponse : ils étaient plus lents lorsqu'ils classaient la phrase de manière incorrecte. Ces participants étaient donc plus rapides lorsqu'ils utilisaient correctement leurs capacités implicites de traitement. Le ralentissement accompagnant les réponses erronées pourrait être le signe d'une baisse d'attention, d'une distraction extérieure, ou d'un doute provoqué par quelque chose d'inattendu dans le stimulus. Ce lien entre exactitude et temps de réponse n'était pas présent chez les apprenants, confirmant que leurs bonnes réponses n'étaient pas dues à l'utilisation de processus automatiques.

## Potentiels évoqués

La similarité de la structure avait également un impact fort sur la nature des réponses en potentiels évoqués. Dans la fenêtre d'analyse la plus précoce (200-400 ms), l'amplitude de la réponse aux violations avec *Did* était plus grande que pour les violations avec *Had* chez les participants les plus compétents au pré-test et les participants les moins compétents au pré- et post-test. Cette différence était due au fait que les violations avec *Did* provoquaient une positivité au pré-test chez les plus compétents, alors que les violations avec *Had* provoquaient une négativité. La nature de la réponse dépendait donc de la similarité L1-L2 de la structure. La négativité suivant les violations avec *Had* ressemble à ce que les études en langues artificielles ont observé après un très court entraînement de nature implicite (Morgan-Short *et al.*, 2010, 2012). Elle suit les violations avec *Had* dès le pré-test, et reflète l'utilisation de mécanismes lexico-sémantiques pour traiter la violation syntaxique. Une négativité apparaît aussi chez les locuteurs natifs de notre expérience. En revanche, la positivité suivant les violations Conflictuelles reflète plus probablement la mobilisation de mécanismes attentionnels. Morgan-Short *et al.* (2012) ont également observé une positivité précoce en réponse à des violations spécifiques à une langue artificielle, chez les participants recevant un entraînement explicite. La structure avec *Did*, mal

maitrisée, pourrait en effet être comparée à une structure nouvelle et saillante, dont le traitement demande le recours à des mécanismes d'attention non spécifiques au langage.

Une explication alternative est que le facteur déterminant la présence d'une réponse en **ERP** était non pas le caractère grammatical du stimulus mais la présence du morphème *-ed*. En effet, les résultats peuvent être analysés comme une négativité suivant une absence du morphème du passé sur le verbe principal, ce qui correspond à la version correcte des stimuli avec *Had* et à la version incorrecte des stimuli avec *Did*. Si la structure avec *Did* fonctionnait de la même manière que la structure avec *Had*, alors les violations avec *Did* provoqueraient une N400 chez les participants. Ces résultats pourraient donc être le signe d'une conception erronée de ce qu'est la structure correcte avec *Did* : certains participants considèrent peut-être que *Did* doit être suivi d'un participe-passé, ce qui correspond à la règle à l'œuvre en français et avec l'auxiliaire *Had*. [Alemán Bañón et al. \(2017\)](#) ont en effet montré que la nature des représentations des apprenants détermine les réponses en potentiels évoqués : par exemple, la détection des erreurs de genre peut ne pas être similaire à celle des natifs non pas en raison de difficultés avec la syntaxe, mais parce que les représentations lexicales du genre dans l'interlangue sont différentes de celles de la langue cible. Cette hypothèse est corroborée par la moins bonne performance comportementale avec l'auxiliaire *Did*. La disparition après l'entraînement de la positivité présente en réponse à ces violations chez les participants les plus compétents va également dans ce sens. Les participants réussissant le mieux le jugement de grammaticalité sont ceux qui, soit possédaient déjà les **connaissances explicites** adéquates, soit ont réussi à corriger leurs conceptions grâce au matériel disponible pendant l'entraînement. La disparition de la positivité avec *Did* pourrait donc être en réalité une disparition de la négativité qui était provoquée par une représentation incorrecte de cette structure, grâce à une correction de cette représentation. La persistance de la différence entre les réponses aux violations avec *Did* et *Had* chez les participants les moins compétents pourrait alors être une combinaison de la négativité en réponse à *Had* et de la continuation d'une tendance positive suivant les violations avec *Did*, bien que cette positivité ne soit pas suffisamment constante pour être significative.

Cependant, au pré-test, la positivité avec *Did* n'était significative que chez les participants ayant le meilleur *d'*, et donc les meilleures connaissances explicites de la construction. Pour ces participants, la positivité ne peut donc pas être le résultat de connaissances erronées, mais est plus probablement le signe de la détection de l'incongruité, traitée par le biais de mécanismes attentionnels plutôt que par des processus de traitement syntaxique. De plus, cette positivité semble non seulement disparaître au post-test mais tendre vers une négativité pour les participants les plus compétents. Cette évolution est restreinte au groupe **Explicite**, pour qui une négativité sans distinction d'auxiliaire est marginalement significative lors du post-test.

Les processus mobilisés pour traiter les violations de la catégorie Conflictuelle ont donc pu être recalibrés par l'amélioration de l'utilisation des connaissances explicites.

Pour les participants les moins compétents, la négativité présente dans la fenêtre précoce se poursuivait entre 500 et 900 ms. Une telle négativité tardive a été obtenue dans plusieurs études en acquisition de la L2 (Alemán Bañón *et al.*, 2017; Gillon-Dowens *et al.*, 2010; Sabourin et Stowe, 2004) et est considérée comme un corrélat du cout de maintien des stimuli non grammaticaux en mémoire de travail afin d'évaluer la grammaticalité de la phrase. Bien qu'ici aucun jugement grammatical ne soit attendu à l'issue du stimulus, on peut penser que le cout cognitif est le même quelle que soit la nature du jugement attendu en fin de phrase.

Une P600 tardive (700-900 ms) suivait les violations avec *Had* pour les participants les plus compétents. Cette positivité est attendue après des violations morphosyntaxiques, notamment de marques de temps, chez des participants maîtrisant bien leur L2 (Moreno *et al.*, 2010; Sabourin et Stowe, 2008; Schmidt-Kassow et Kotz, 2008; Weber et Lavric, 2008; White *et al.*, 2012), mais aussi chez des participants ayant un niveau plus faible en L2 mais obtenant un bon score sur un jugement de grammaticalité (Tanner *et al.*, 2013). Cette P600 semble bien être un corrélat de la maîtrise de la structure : elle n'apparaît que chez les apprenants ayant le meilleur *d'* et pour la structure qu'ils maîtrisent le mieux. De plus, elle est retardée par rapport à celle des locuteurs natifs : ce délai d'apparition est considéré comme un corrélat de la compétence des apprenants (McLaughlin *et al.*, 2010; Rossi *et al.*, 2006).

Il est aussi possible que cette P600 soit présente uniquement chez les participants qui prêtaient attention aux violations pendant l'enregistrement des données EEG. L'absence de P600 chez les apprenants les moins compétents pourrait ainsi être due au fait que les violations grammaticales n'étaient pas directement pertinentes pour réaliser la tâche pendant l'enregistrement des données EEG : plusieurs études ont montré que la P600 n'était pas observée en l'absence de jugement de grammaticalité (voir Morgan-Short *et al.*, 2015b). L'attention des participants n'était pas explicitement attirée sur les incongruités grammaticales, et les apprenants avaient tendance à davantage les ignorer — ou à moins bien les détecter — que les locuteurs natifs. Les violations avec *Had* provoquaient cependant une négativité même chez les participants les moins compétents : des négativités précoces ont déjà été observées même en l'absence d'un jugement de grammaticalité (Guo *et al.*, 2009; Hahne *et al.*, 2006; Ojima *et al.*, 2005). Une N400 est également régulièrement observée à la place d'une P600 chez les participants ayant un niveau de compétence faible (Guo *et al.*, 2009; Osterhout *et al.*, 2006).

La similarité avait donc un effet important sur les réponses comportementales et électrophysiologiques. Les violations dans la condition conflictuelle (avec *Did*) provoquaient une positivité entre 200 et 400 ms au pré-test, alors que les violations avec

*Had* engendraient une négativité qui, pour les participants ayant un *d'* plus élevé, s'amplifiait et était suivie d'une P600 tardive lors du post-test. Seule la performance du groupe Implicite variait significativement en fonction de l'auxiliaire, mais pour les deux groupes d'apprenants, les différences de temps de réponse suggèrent que les phrases avec *Did* n'étaient pas traitées tout à fait de la même manière que celles avec *Had*. La détection des violations avec l'auxiliaire *Did* était particulièrement problématique pour les apprenants. La charge fonctionnelle faible de la région critique constitue une source possible de cette difficulté. En effet, la présence ou non du morphème -*ed* sur le verbe principal n'a pas d'importance pour l'interprétation de la phrase : le temps est déjà marqué sur l'auxiliaire. Le morphème critique est donc redondant, ce qui en fait un signal peu susceptible d'être utilisé lors de l'apprentissage selon MacWhinney (2005a, 2012, 2015). Ce signal n'est cependant pas totalement ignoré, puisque les violations avec *Had* sont détectées et provoquent des réponses électrophysiologiques cohérentes avec l'hypothèse d'une réanalyse syntaxique de la phrase. Il semble donc que l'interaction entre d'une part la similarité et d'autre part la nature et stabilité des connaissances utilisées pour traiter les stimuli soit la principale raison des différences observées dans les réponses aux deux auxiliaires.

## 8.4 Développement des connaissances explicites et implicites

Malgré les différences de conception entre les deux entraînements proposés, ceux-ci ne garantissaient pas le développement de l'un ou l'autre des types de connaissances. Plusieurs tests supplémentaires ont été réalisés pour avoir une meilleure compréhension du type de connaissances utilisées et développées par les participants pendant l'expérience.

Les textes à trous ont montré que, quel que soit le type d'entraînement, les participants avaient de meilleures **connaissances explicites** des structures grammaticales cibles à l'issue de l'expérience.

Le questionnaire final a permis de connaitre les représentations métalinguistiques des participants. Les apprenants du groupe Explicite ont énoncé des règles correctes, à l'exception de trois d'entre eux qui n'ont pas restitué de règles. Les métacognitions des participants du groupe Implicite étaient plus variables, fait probablement antérieur à leur participation à l'expérience. Trois d'entre eux ont même énoncé des règles erronées. Ces observations sont cohérentes avec le fait que plusieurs participants du groupe Implicite ont des *d'* très négatifs, ce qui signifie qu'ils classent comme grammaticales des phrases agrammaticales et vice-versa, parce que leurs **connaissances explicites** sont incorrectes.

Les analyses sur le jugement de grammaticalité montrent que l'amélioration de la

performance des apprenants est due à une meilleure utilisation de leurs **connaissances explicites**, puisque cette amélioration s'accompagne d'un ralentissement de la réaction après l'entraînement. [Sanz et Grey \(2015\)](#) notent que des conditions explicites peuvent conduire à des performances ralenties lorsque les participants fondent leurs décisions sur leurs connaissances de la règle. Les items donnant lieu à la meilleure performance étaient également ceux pour lesquels la réponse était la plus lente : les stimuli grammaticaux et ceux construits avec l'auxiliaire *Had*. Le coefficient de variance était également plus faible avec *Had*, indiquant des connaissances plus stables. La corrélation entre ce coefficient de variance et le temps de réponse était négative au post-test : les participants les plus lents avaient la variance la plus faible. Si la performance des apprenants s'est bien stabilisée au post-test, cette amélioration ne s'est pas accompagnée d'une réduction du temps de réponse. Ce résultat, inverse à celui observé par [Suzuki \(2017a\)](#), montre qu'il n'y a pas eu d'automatisation des **connaissances explicites**, mais qu'elles ont été améliorées et mieux utilisées par les apprenants.

La tâche de jugement de confiance a permis d'observer un déséquilibre dans le taux de confiance entre les deux groupes : les participants du groupe Explicite étaient plus sûrs de leurs réponses que ceux du groupe Implicite. Pour le groupe Explicite, il y avait bien une relation de la performance avec la confiance d'une part et la source de la décision d'autre part : leur taux de réussite lorsqu'ils rapportaient répondre au hasard était plus faible, confirmant l'utilisation de **connaissances explicites** lors du jugement de grammaticalité. En revanche, une telle relation n'a pas été observée pour le groupe Implicite : ils n'étaient pas plus confiants lorsqu'ils répondaient correctement, et leur performance ne dépendait pas de la source de leur décision. Cette absence de corrélation suggère que ces participants faisaient appel à leurs **connaissances implicites**, bien que cela ne garantisse en rien l'utilisation majoritaire de ces connaissances.

L'ensemble de ces résultats montre que l'entraînement explicite a réellement favorisé l'utilisation de **connaissances explicites** : les participants ayant suivi cet entraînement font très majoritairement appel à ce type de connaissances. Chez les participants du groupe Implicite, les données sont moins claires : ils mobilisent bien des **connaissances implicites**, mais ont également utilisé avec profit des connaissances plus explicites lors du post-test.

Ces résultats nous permettent également de contribuer à la discussion sur les mesures utilisées pour évaluer les **connaissances implicites** et les **connaissances explicites**. Les données collectées lors du jugement grammatical en temps limité s'opposent aux affirmations de [Ellis \(2005b\)](#) ou [Godfroid et al. \(2015\)](#) selon lesquelles ce type de tâche cible l'utilisation de **connaissances implicites**. Nos résultats concordent davantage avec les propositions selon lesquelles le jugement de grammaticalité me-

sur différents niveaux de connaissances explicites (Vafaee *et al.*, 2017), et plus particulièrement, lorsque le temps est limité, des connaissances explicites très automatisées — du moins chez les apprenants d'une L2 (Suzuki, 2017b).

L'utilisation des potentiels évoqués apporte un complément pertinent à l'ensemble des mesures comportementales utilisées ici (performance et temps de réponse au jugement de grammaticalité, textes à trous, jugement de confiance et attribution de la source de la décision), et nous permet de mettre en lumière des processus invisibles avec les mesures comportementales, tels que la détection des violations avec *Did*. Nous n'avons cependant pas de garanties que la négativité la plus précoce (dans la fenêtre 200-400 ms), considérée comme un corrélat de la détection automatique d'incongruités syntaxiques (Friederici, 2002), reflète la mobilisation fiable de processus implicites. Le fait que son apparition et son amplitude soient liées au *d* des participants alors que ceux-ci répondent de manière particulièrement lente lors du post-test suggère que les processus recrutés ne sont pas totalement inconscients.

Malgré les efforts réalisés pour maintenir la tâche EEG aussi implicite que possible, cet objectif n'a pas été atteint de la même manière pour tous les participants. Les incongruités grammaticales sont trop perceptibles par les locuteurs natifs pour leur permettre de totalement les ignorer ; et leur conception de leur langue semble trop globale pour qu'ils parviennent à détacher totalement la correction grammaticale de l'acceptabilité sémantique. L'utilisation du paradigme de violation classique en EEG favorise le recours à des connaissances explicites, donnant par conséquent un avantage aux apprenants suivant ce type d'entraînement, en particulier si un jugement de grammaticalité est utilisé simultanément.

## 8.5 Conclusion

Cette expérience visait à comparer l'efficacité d'entraînements explicite et implicite sur la détection de violations grammaticales d'une structure particulièrement difficile pour les apprenants francophones. Malgré les connaissances préalables des apprenants, les deux entraînements ont bien eu un effet au niveau comportemental et électrophysiologique. Ils ont tous deux conduit à une meilleure acceptation des phrases grammaticales, mais pas réellement à une meilleure détection explicite des violations. Cette amélioration s'est faite au prix d'une plus grande utilisation des connaissances explicites non automatisées. Il est possible qu'un entraînement plus long et plus exhaustif aurait permis d'arriver à un résultat inversé sur le temps de réponse : une accélération accompagnant la procéduralisation, ou du moins l'automatisation, des connaissances explicites.

Nous nous intéressions également à l'interaction entre conditions d'apprentissage et similarité du fonctionnement de la structure entre L1 et L2. Les deux types d'entraînement ont eu des résultats similaires au niveau comportemental, mais l'entraî-

nement explicite présentait un léger avantage pour la structure au fonctionnement conflictuel entre L1 et L2 : comme prédit, la mobilisation de connaissances explicites et très certainement la réorientation de l'attention sur la structure critique ont permis un traitement plus efficace de cette condition, plus rapidement qu'avec un entraînement implicite. Si ce dernier aurait peut-être pu conduire au même résultat avec le temps, l'entraînement explicite a permis un raccourci efficace vers une amélioration de la performance.

En potentiels évoqués, les facteurs Similarité et Compétence ont eu une plus grande influence sur la nature des réponses observées que le type d'entraînement. Une positivité précoce a été observée dans la condition Conflictuelle, alors qu'une négativité apparaissait dans la même fenêtre pour la condition Similaire et était suivie d'une P600 tardive chez les participants les plus performants. Ce motif biphasique est celui attendu pour des apprenants avancés d'une L2 (Rossi *et al.*, 2006). La compétence générale en L2 de nos apprenants reste intermédiaire, et ce motif ne s'étend donc pas à la condition Conflictuelle, mais leur maîtrise de la structure cible Similaire est suffisante pour qu'elle soit considérée comme élevée. Nous avons cependant pu mettre en évidence un effet des conditions d'entraînement sur les réponses en potentiels évoqués : l'augmentation de la négativité antérieure suivant les violations Similaires au post-test chez le groupe Explicite suggère que cet entraînement a eu un effet bénéfique sur le traitement de ces incongruités.

L'objectif de conserver l'entraînement implicite aussi implicite que possible a été partiellement atteint : l'attention des participants de ce groupe n'était pas attirée vers les incongruités grammaticales. Cependant, l'utilisation d'un paradigme de violations donne un avantage aux participants qui les repèrent, et favorise donc l'utilisation de connaissances explicites (Roberts *et al.*, 2018). Afin d'examiner plus en avant l'efficacité d'un entraînement implicite sur une langue naturelle dans laquelle les participants possèdent déjà des connaissances, il semble souhaitable de s'éloigner de ce paradigme. Pour cela, il est nécessaire d'examiner un phénomène plus global que la morphosyntaxe, afin de moins attirer l'attention sur des morphèmes grammaticaux et de donner une meilleure chance à un entraînement implicite court. Pour répondre à ces nouvelles contraintes, nous avons donc réalisé une deuxième expérience étudiant l'effet d'entraînements sur le traitement des anomalies syntaxiques temporaires et sur l'utilisation de la prosodie dans le traitement de la syntaxe en L2.

## Troisième partie

Expérience 2 : Effets d’entrainements explicite et implicite sur l’acquisition du lien prosodie-syntaxe



# Chapitre 9

## Prosodie et résolution d'ambigüités syntaxiques

### Sommaire

---

|            |                                                                              |            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>9.1</b> | <b>Traitements et prédictions syntaxiques</b>                                | <b>222</b> |
| 9.1.1      | Traitements syntaxiques en temps réel en L1                                  | 222        |
| 9.1.2      | Prédictions et résolutions d'ambigüités syntaxiques en L2                    | 227        |
| <b>9.2</b> | <b>Utilisation des indices prosodiques pour le traitement de la syntaxe</b>  | <b>230</b> |
| 9.2.1      | Lien entre prosodie et syntaxe                                               | 231        |
| 9.2.2      | Traitements des frontières prosodiques                                       | 236        |
| 9.2.3      | Le traitement des frontières prosodiques reflété dans les potentiels évoqués | 238        |
| <b>9.3</b> | <b>Acquisition du lien prosodie-syntaxe</b>                                  | <b>240</b> |
| 9.3.1      | Prosodie, syntaxe et acquisition                                             | 240        |
| 9.3.2      | Une piste pour aider l'acquisition : liens entre prosodie et musique         | 243        |
| <b>9.4</b> | <b>Questions de recherche</b>                                                | <b>247</b> |

---

Pour éviter le biais explicite du paradigme de violation (Roberts *et al.*, 2018), nous nous sommes tournés vers le traitement en temps réel des ambigüités syntaxiques temporaires par les apprenants. Celles-ci permettent d'étudier la sensibilité des locuteurs aux mécanismes de prédition syntaxique et aux indices prosodiques permettant de lever les ambigüités structurelles.

## 9.1 Traitement et prédition syntaxique

### 9.1.1 Traitement syntaxique en temps réel en L1

#### 9.1.1.1 Traitement incrémental

La recherche sur le traitement de la syntaxe en temps réel vise à comprendre comment les locuteurs parviennent en temps réel à interpréter des phrases parfois structurellement complexes dans leur langue maternelle. Ce traitement est incrémental : une structure syntaxique est créée au fur et à mesure que la phrase est entendue et chaque mot perçu y est intégré immédiatement (Frazier et Rayner, 1982). Par exemple, les études en eye-tracking utilisant le paradigme du monde visuel, dans lequel les mouvements oculaires des participants sont enregistrés pendant qu'ils regardent une scène ou un ensemble d'images présentées en même temps qu'un stimulus auditif, ont montré que les locuteurs regardent l'image cible dès qu'ils entendent le stimulus, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'un traitement mot par mot (voir Kutas *et al.*, 2011). De même, la N400, qui reflète l'intégration lexico-sémantique d'un mot, apparaît parfois moins de 200 ms après le début du mot : cela suggère que le contexte sémantique est mis à jour en temps réel et avant la fin du mot (Kutas et Federmeier, 2011). Les études en imagerie utilisant notamment la Magnétoencéphalographie (MEG) ont également localisé plusieurs aires dans le cortex antéro-temporal gauche impliquées dans le traitement combinatoire et incrémental du langage (Brennan et Pylkkänen, 2017). Cependant, les mécanismes qui guident ce traitement incrémental sont l'objet de davantage de débats, notamment sur la question de la prépondérance de la syntaxe.

Frazier et Fodor (1978) proposent que la syntaxe est traitée en premier : lorsque nous entendons une phrase dans notre langue maternelle, l'interprétation est avant tout guidée par la structure syntaxique que nous construisons à mesure que nous entendons les mots. Deux stratégies générales guident ce traitement :

- La résolution tardive<sup>31</sup> : lorsque c'est possible, les items lexicaux sont intégrés dans la proposition ou le syntagme en cours de traitement, c'est-à-dire dans le noeud non final dominant immédiatement le dernier item analysé dans la hiérarchie syntaxique.
- L'attachement minimal<sup>32</sup> : chaque mot nouveau est intégré dans le syntagme en cours de construction en utilisant le moins de nœuds possibles, c'est-à-dire en construisant la structure syntaxique la plus simple.

Dans ce modèle, la syntaxe est primordiale : une structure syntaxique est postulée à partir de la catégorie grammaticale des mots uniquement. En cas d'ambigüité, une seule interprétation est choisie, celle qui se conforme aux deux principes génératifs :

31. *Late Closure* (Frazier et Fodor, 1978; Frazier et Rayner, 1982).

32. *Minimal Attachment* (Frazier et Fodor, 1978; Frazier et Rayner, 1982).

raux énoncés. Si cette interprétation se révèle incorrecte, la phrase est réanalysée syntaxiquement pour correspondre aux nouvelles données entrantes. Ainsi, dans un segment comme « *Since Jay always jogs a mile* », le syntagme nominal « *a mile* » sera initialement analysé comme objet direct du verbe « *jog* » et donc intégré dans le syntagme verbal en cours de traitement, conformément au principe de résolution tardive. Si la phrase complète a une résolution tardive comme dans l’Exemple 28, l’interprétation s’avère correcte. En revanche, si la suite de la phrase correspond à l’Exemple 29, c’est-à-dire à une structure à résolution précoce, la phrase devra être réanalysée, puisque le syntagme nominal ambigu est en réalité le sujet d’un autre syntagme verbal : il s’agit de l’effet dit de *garden-path*. Le syntagme nominal « *a mile* » est donc temporairement ambigu au niveau structurel : au moment où il est rencontré, deux interprétations syntaxiques de la phrase sont possibles, mais à la fin de la phrase, une seule interprétation demeure. Les participants mettent ainsi plus de temps à lire le segment qui suit le syntagme ambigu dans la phrase à résolution précoce, ce qui indique qu’ils rencontrent une difficulté due à la mauvaise interprétation initiale et qu’ils doivent réanalyser la phrase (Frazier et Rayner, 1982).

- (28) *Since Jay always jogs a mile this seems like a short distance to him*<sup>33</sup>.
- (29) *Since Jay always jogs a mile seems like a short distance to him.*

Le principe d’attachement minimal correspond, lui, aux stratégies d’interprétation mises en place à la lecture de phrases telles que l’Exemple 30, l’exemple le plus connu de phrase à *garden-path* :

- (30) *The horse raced past the barn fell.*<sup>34</sup>

Au moment où le verbe est lu, il n’est pas possible de savoir s’il s’agit d’une forme passée (« *The horse raced...* » : le cheval courut) ou d’un participe-passé dans une proposition relative réduite (« *The horse that was raced...* » : le cheval qu’on fit courir). La première solution est préférée par le locuteur parce qu’elle se conforme au principe d’attachement minimal : elle permet en effet d’éviter de postuler des nœuds syntaxiques supplémentaires. Or cette solution est rendue impossible lorsque le verbe « *fell* » est rencontré. Une phrase comme celle-ci est donc plus difficile à traiter qu’une contrepartie contenant une proposition relative non réduite (« *The horse that was raced past the barn fell* »). De très nombreuses études ont confirmé cet effet notamment en lecture avec des expériences de lecture à son propre rythme<sup>35</sup> (Ferreira et Clifton, 1986; Frazier et Rayner, 1982; Rayner *et al.*, 1983).

33. Exemples de Frazier et Rayner (1982).

34. Exemple de Bever (1970).

35. Dans les expériences de lecture à son propre rythme, ou *self-paced reading*, les stimuli sont présentés visuellement mot par mot ou segment par segment, et les participants appuient sur une touche du clavier pour avancer dans leur lecture. Il leur est demandé de lire le plus vite possible tout en faisant attention au sens de la phrase : des questions de compréhension sont généralement incluses après une partie des stimuli.

Cependant, d'autres chercheurs tels que MacDonald (1994) considèrent que, si ces mécanismes syntaxiques sont importants, ils ne sont pas les seuls à entrer en compte : ils sont modulés par le sens des mots, les connaissances du monde du locuteur, et les **connaissances implicites** de celui-ci concernant la fréquence d'usage des mots. Cette analyse s'appuie sur le fait que des phrases comme l'Exemple 31 ne provoquent pas d'effet de *garden-path*. Le verbe « *interviewed* » peut pourtant être interprété soit comme un verbe au passé dont le sujet serait « *the homeless people* », soit comme un participe passé au sein d'une proposition relative réduite (« *The homeless people that are interviewed in the film* »), ce qui correspond à l'interprétation correcte de la phrase.

- (31) *The homeless people interviewed in the film are exceptionally articulate.*<sup>36</sup>

MacDonald (1994) considère que l'absence d'effet de *garden-path* dans ce type de phrase vient essentiellement du fait que la plausibilité de l'interprétation est prise en compte : il est plus probable que des sans-abri soient interviewés plutôt qu'ils soient les auteurs de l'interview. Plusieurs études en lecture ont montré que modifier les biais d'interprétation avec un contexte sémantique ou référentiel (Altmann et Steedman, 1988; Taraban et McClelland, 1988) ou jouer sur la plausibilité de l'interprétation (Pickering et Branigan, 1998) permettait de contrer, d'inverser ou de modifier la force de l'effet de *garden-path*. Frenck-Mestre et Pynte (1997) ont également montré avec une expérience en eye-tracking que les informations lexicales disponibles modulent la force du *garden-path*. Cet effet est si persistant que l'interprétation syntaxique initiale peut continuer à influencer la compréhension de la phrase même lorsque l'information qui permet la désambiguisation est rencontrée, ce qui provoque une erreur de compréhension y compris chez des locuteurs natifs (Jacob et Felser, 2016).

Les effets de *garden-path* ont aussi été attestés par des études en EEG. En effet, une P600 est généralement observée dans le cas de phrases *garden-path*, reflétant la réanalyse syntaxique imposée par le changement d'interprétation (Kaan *et al.*, 2000; Kotz *et al.*, 2008; Osterhout et Holcomb, 1992; Osterhout *et al.*, 1994) : cette P600 est cependant d'amplitude plus faible et légèrement retardée par rapport à la P600 observée en réponse à des violations de catégorie grammaticale (Osterhout et Holcomb, 1992).

### 9.1.1.2 Anticipation et prédiction en L1

Ces effets de *garden-path* sont donc largement attestés, et sont des preuves en faveur d'un traitement incrémental de la syntaxe en temps réel. Mais ce traitement est-il dû seulement à une intégration rapide de l'**input**, ou est-ce le signe de mécanismes d'anticipation et de prédiction ? Kaan (2014) relève plusieurs bénéfices

---

36. Exemple de Rah et Adone (2010).

potentiels pour des mécanismes de prédiction en temps réel : cela permettrait aux interlocuteurs de réagir plus rapidement en conversation et de comprendre plus rapidement l'**input**, donc de faciliter le traitement de l'information.

Plusieurs indices suggèrent que des mécanismes d'anticipation sont à l'œuvre dans le traitement de l'information. Ces prédictions se font d'une part au niveau lexical, afin de faciliter le traitement sémantique. Par exemple, dans l'expérience d'[Eberhard et al. \(1995\)](#), les participants entendaient une phrase telle que « *Pick up the candle* » (Prenez la bougie). Les auteurs ont montré que les participants dirigeaient alors leur regard vers la bougie présente dans leur espace de travail, et ce avant même que la deuxième syllabe du mot « *candle* » ait été articulée. En revanche, lorsque l'environnement expérimental contenait une bougie (*candle*) et des bonbons (*candy*), la première syllabe du mot ne suffisait plus : le regard des participants ne se déplaçait que lorsque le mot entier avait été prononcé. En **EEG**, ce type de prédiction est reflété par les variations de la N400. Ainsi, cette composante est réduite lorsqu'un mot est inclus dans un contexte cohérent par rapport à un contexte non cohérent ([Hagoort, 2003](#); [Kutas et Federmeier, 2000, 2011](#); [Kutas et Hillyard, 1980](#)). Elle est également plus faible pour un mot très attendu par rapport à un mot moins fréquemment observé dans le contexte cible ([DeLong et al., 2005](#); [Federmeier et Kutas, 1999](#); [Federmeier et al., 2002](#); [Foucart et al., 2014](#); [Martin et al., 2013](#)). Lorsque le mot non congruent est du même champ sémantique que le mot prédit, l'amplitude de la N400 diminue ([Federmeier et Kutas, 1999](#); [Ito et al., 2016](#)). D'autres propriétés sémantiques telle que la structure argumentative du verbe peuvent également être prédites ([Hopp, 2015](#); [Kamide et al., 2003](#)).

Des corrélats neurophysiologiques de violations syntaxiques peuvent être observés avant même l'apparition de l'item non congruent. Nous avons vu plus haut que la forme phonologique du début du mot permet d'en prédire la fin ([Eberhard et al., 1995](#)). Dans un contexte sémantique contraint, il semble que cette forme soit en effet activée par anticipation. [Van Petten et al. \(1999\)](#) ont répliqué les résultats d'[Eberhard et al. \(1995\)](#) en **EEG** en comparant les réponses en potentiels évoqués à des fins de phrases congruentes ou non avec le début : l'effet de N400 était plus précoce lorsque les mots congruents et non congruents avaient des premières syllabes différentes. La réponse à l'incongruité commençait donc lorsque la déviation par rapport au mot attendu pouvait être identifiée. De même, [DeLong et al. \(2005\)](#) ont mis à profit la différence entre *a* et *an* en anglais<sup>37</sup>. Dans des contextes conduisant à une prédiction forte, le début de la phrase était soit suivi du mot le plus prévisible, soit d'un mot moins prévisible mais tout aussi correct et devant être précédé de l'article non congruent avec le mot prédit (ex : « *an airplane* » au lieu de « *a kite* »). L'effet N400 a été observé au niveau de l'article lorsque celui-ci n'était pas congruent

37. « *an* » précède un mot commençant par une voyelle, « *a* » un mot commençant par une consonne.

avec le mot prévu, suggérant que les participants prédisaient bien le mot final puisque la réaction d'incongruité se produisait avant même que ce mot n'ait été présenté. En outre, une composante ERP spécifique a été observée pour des mots inattendus lorsque le contexte induisait de fortes prédictions : une positivité antérieure suivant la N400 (DeLong *et al.*, 2005; Foucart *et al.*, 2014; Ito et Martin, 2016; Martin *et al.*, 2013). Celle-ci est interprétée comme reflétant le cout de passer outre une prédition lexicale forte (DeLong *et al.*, 2012; Federmeier, 2007; Otten et Van Berkum, 2008; Van Petten et Luka, 2012).

Les prédictions se font également au niveau syntaxique. Dans une étude utilisant le paradigme du monde visuel, Kamide *et al.* (2003) ont montré que la marque de cas en allemand et les contraintes sémantiques du verbe était utilisées pour anticiper le syntagme nominal objet le plus plausible, des résultats répliqués par Hopp (2015). Un effet similaire a été observé en anglais avec les marques de voix passive et active. L'ELAN est généralement comprise comme signalant une difficulté soit au niveau de l'intégration syntaxique très précoce, soit du fait d'une non-adéquation avec la catégorie grammaticale attendue : celle-ci est presque exclusivement observée pour des violations de catégories grammaticales. Lau *et al.* (2006) ont ainsi modulé le contexte syntaxique entourant une violation grammaticale constante (« *Max's of* ») afin de rendre celle-ci plus ou moins attendue. Lorsque un nom était moins attendu après le génitif, la négativité antérieure suivant la violation était réduite par rapport au contexte contrôle : les réponses très précoces observées après des violations syntaxiques pourraient donc être dues à des attentes et prédictions au niveau de la structure de la phrase. Plusieurs études ont également montré que, dans un contexte sémantique contraint, lorsque le genre grammatical de l'article précédent le mot cible n'était pas congruent avec le mot attendu, des potentiels évoqués associés à la détection de violations étaient observés avant la présentation du mot cible non congruent (Foucart *et al.*, 2014; Van Berkum *et al.*, 2005; Wicha *et al.*, 2003, 2004). Une autre composante en potentiels évoqués est associée aux mécanismes de prédition : la P300. Celle-ci comporte deux sous-composantes. La P3a est maximale au niveau des électrodes frontales, lorsque des stimuli perçus comme nouveaux sont présentés au milieu de stimuli communs (Van Petten et Luka, 2012). La P3b, maximale au niveau pariétal, est liée à la pertinence du stimulus pour la tâche à exécuter et à la contradiction des attentes. Elle est sensible aux probabilités d'apparition de différentes catégories de mots. Elle est également plus ample lorsqu'une séquence alternative répétitive est interrompue ou modifiée ou lorsqu'un stimulus manque dans une séquence régulière<sup>38</sup> (Donchin, 1988).

Les résultats de nombreuses études suggèrent donc l'existence de mécanismes de prédition à l'œuvre lors du traitement de la langue maternelle en temps réel. Cependant, des différences individuelles viennent modérer l'efficacité de ces mécanismes.

---

38. Par exemple, pour une séquence alternant deux stimuli de type A et B : ABABABABB.

Les différences d'âge peuvent jouer un rôle : les adultes plus âgés sont moins susceptibles de prédire les caractéristiques d'un mot à venir (Federmeier *et al.*, 2010). L'expérience en lecture et en écriture semble également influencer le degré auquel les locuteurs natifs anticipent l'*input*. Ainsi, les locuteurs qui lisent moins anticipent moins (Mishra *et al.*, 2012), de même que ceux qui ont un vocabulaire plus réduit (Borovsky *et al.*, 2012). Dans l'expérience de Hopp (2015), les participants qui récupéraient le plus rapidement les items lexicaux dans leur mémoire utilisaient mieux le genre des déterminants pour anticiper le nom suivant. Les résultats des expériences de prédiction n'ont cependant pas tous pu être répliqués dans des conditions plus naturelles, comme l'effet de l'article observé par DeLong *et al.* (2005) et Martin *et al.* (2013) (Ito et Martin, 2016). Des mécanismes de prédiction et d'anticipation semblent pourtant influencer le traitement syntaxique de la L1, même si ces mécanismes sont probablement plus réduits que ce que certaines études laissent penser. Qu'en est-il dans une langue étrangère ?

### 9.1.2 Prédiction et résolution d'ambiguités syntaxiques en L2

Le traitement syntaxique en L2 est souvent considéré comme étant plus lent et moins précis (Frenck-Mestre et Pynte, 1997). Cependant, des preuves existent que ce traitement est incrémental, comme en L1 (Roberts et Felser, 2011), mais cela pourrait dépendre de la tâche en L2 (Williams, 2006) et de différences individuelles telles que les capacités cognitives, notamment lorsqu'une tâche métalinguistique doit être réalisée (Roberts, 2012). La compétence en L2 est un facteur important : les apprenants les plus compétents utilisent les mêmes stratégies de traitement que les natifs (voir Frenck-Mestre, 2002, pour une revue des études à ce sujet) : ils lisent ou réagissent plus rapidement (Hopp, 2006; Rah et Adone, 2010) et leurs réponses électrophysiologiques à des phrases *garden-path* à l'écrit sont les mêmes que celles des natifs (Kotz *et al.*, 2008). Les effets de transfert entrent également en compte : la L1 peut influencer les stratégies de traitement syntaxique en L2 (Frenck-Mestre, 2002; Frenck-Mestre et Pynte, 1997; Rah et Adone, 2010). Les apprenants avancés d'une langue étrangère sont donc capables d'avoir un traitement syntaxique incrémental similaire à celui des natifs. Une question qui fait davantage débat est s'ils utilisent également le même type de mécanismes prédictifs que les locuteurs natifs pour anticiper la suite de l'*input*.

#### 9.1.2.1 Mécanismes prédictifs en L2

On considère généralement que les apprenants n'anticipent pas autant que les locuteurs natifs. Même lorsqu'ils ont les connaissances grammaticales nécessaires pour le faire (Kaan, 2014; Rah et Adone, 2010), ils ne s'en servent pas nécessairement pour prédire la suite de l'*input* (Dussias *et al.*, 2013; Gruter *et al.*, 2012; Hopp, 2013, 2015;

Ito et Martin, 2016; Lew-Williams et Fernald, 2010; Martin *et al.*, 2013). Ils n'utilisent pas les indices morphosyntaxiques comme le genre grammatical, les indices phonologiques comme la forme de l'article, ou sémantiques comme la probabilité de complétion d'une phrase, pour anticiper l'*input*. Cette incapacité à utiliser les signaux linguistiques en temps réel pour prédire la suite de l'*input* pourrait être au cœur des différences observées entre L1 et L2 (Roberts *et al.*, 2018), et pourrait expliquer certains résultats des études en EEG comme par exemple l'absence d'ELAN qui est fréquemment constatée chez les apprenants (Kaan, 2014; Kaan *et al.*, 2010).

Cependant, les locuteurs d'une L2 n'ignorent pas tous les indices à leur disposition. Par exemple, la lecture en L2 est plus facile lorsque les mots apparaissent dans un contexte très contraint sémantiquement (Libben et Titone, 2009; Van Assche *et al.*, 2011; van Hell et de Groot, 2008), ce qui indique que les locuteurs anticipent suffisamment pour que le traitement soit facilité lorsqu'il est conforme à des prédictions simples. Les apprenants peuvent également utiliser ce type de contexte pour restreindre la compétition lexicale, c'est-à-dire qu'ils parviennent à limiter le nombre d'items lexicaux co-activés pour compléter une phrase, et ce même à un faible niveau de compétence (Altarriba *et al.*, 1996; Schwartz et Kroll, 2006). Ils sont capables d'utiliser des informations sémantiques et lexicales (Hopp, 2015) pour anticiper. Plusieurs études ont même obtenu des effets d'anticipation grâce à des indices morphosyntaxiques comme le genre grammatical (Foucart *et al.*, 2014), contrairement à ce qui est généralement postulé.

Il semble que les apprenants peuvent en réalité prédire avec les mêmes mécanismes que les locuteurs natifs lorsqu'ils ont atteint un haut niveau de compétence. Les disparités observées dans l'application de ces mécanismes entre locuteurs natifs et apprenants d'une même langue viendraient en réalité de ce qui fait fonctionner ces mécanismes et des informations sur lesquelles ils s'appuient (Kaan, 2014). Par exemple, les informations de fréquence de la L2 ne sont pas aussi fiables et accessibles que celles de la L1, puisque l'*input* disponible est différent. Il a été démontré que les apprenants ont des biais différents des locuteurs natifs, par exemple pour les propriétés des verbes telles que le nombre et type d'arguments (Dussias *et al.*, 2010). Cela explique que les apprenants manifestent des effets de *garden-path* plus faibles (Dussias et Cramer Scultz, 2008) : comme ils n'ont pas le même biais transitif ou ditransitif, ils n'attendent pas nécessairement la même structure que des natifs dans un contexte d'ambigüité entre résolution précoce et tardive. Puisqu'ils ont des attentes moins fortes, l'effet d'une structure inattendue est réduit. Pour ces mêmes raisons, les effets des *garden-path* vont parfois dans une direction différente pour les apprenants : dans l'expérience de Lee *et al.* (2013), des apprenants qui ont une connaissance explicite du biais transitif ou ditransitif de verbes critiques similaire à celle des natifs n'utilisent pas ces connaissances en temps réel pour créer des attentes sur la structure syntaxique. Cependant, il a été montré que, à terme, les apprenants

peuvent acquérir les biais de fréquence comme les locuteurs natifs (Dussias *et al.*, 2010; Martinez-Garcia et Wulff, 2012) et qu'ils ne projettent pas sur leur L2 les biais de sélection des verbes de leur L1 : un verbe transitif dans leur L1 ne sera pas nécessairement interprété comme transitif dans leur L2 par défaut (voir Flett *et al.* 2013 ou Gries et Wulff 2005, mais les résultats de French-Mestre et Pynte 1997 suggèrent l'inverse).

Le fonctionnement des mécanismes de prédiction en L2 peut également être influencé par le fait qu'il y a davantage de compétition en L2, comme stipulé par le modèle de MacWhinney (2005b, 2012). En effet, les bilingues activent des informations lexicales dans leurs deux langues même lorsqu'ils traitent uniquement leur L2 (Dijkstra *et al.*, 1999; Spivey et Marian, 1999; van Hell et Dijkstra, 2002), particulièrement lorsqu'ils entendent la langue plutôt qu'ils ne la lisent (Weber et Cutler, 2004). Puisque plus de compétiteurs sont co-activés, la prédiction est plus difficile, d'autant plus que les items lexicaux co-activés peuvent avoir des traits grammaticaux contradictoires dans les deux langues.

### 9.1.2.2 Résolution d'ambigüités syntaxiques

Puisque les capacités d'anticipation sont réduites en L2, les apprenants devraient donc être moins sensibles aux ambigüités syntaxiques, ou y être sensible d'une manière différente de celle des locuteurs natifs. En effet, il a été observé que les apprenants sont plus sensibles aux indices sémantiques et discursifs dans la résolution d'ambigüités temporaires que les natifs (Pan et Felser, 2011; Pan *et al.*, 2015; Roberts et Felser, 2011). C'est ce type d'observation qui a donné lieu à l'hypothèse de la Structure Syntaxique Creuse (Felser *et al.*, 2003) : si les participants utilisent d'avantage les indices lexico-sémantiques que syntaxiques, c'est donc qu'ils ne construisent pas une structure syntaxique hiérarchique au fur et à mesure du traitement de la phrase. Cette vision est cependant largement contestée : Witzel *et al.* (2012) ont par exemple montré que les apprenants traitaient bien l'aspect syntaxique du stimulus de manière profonde et non creuse, mais qu'ils étaient simplement plus susceptibles de privilégier une structure appropriée au niveau pragmatique pour résoudre l'ambigüité.

Plusieurs études montrent que les apprenants compétents peuvent traiter les ambigüités syntaxiques comme les locuteurs natifs (Foucart *et al.*, 2014). En lecture, les apprenants sont aussi sensibles aux effets de *garden-path* que les natifs (Juffs et Harrington, 1996; Rah et Adone, 2010). En EEG, les *garden-path* présentés visuellement provoquent une P600 similaire en L1 et L2 (Kotz *et al.*, 2008). En revanche, les apprenants peuvent rencontrer davantage de difficultés pour dépasser une interprétation initiale erronée : Jacob et Felser (2016) ont montré que les apprenants étaient plus susceptibles de répondre incorrectement aux questions de compréhension posées après des ambigüités syntaxiques temporaires que les locuteurs natifs. Il y aurait

donc une interférence plus grande de la structure initiale, conduisant à une réanalyse moins réussie. Cette difficulté à surmonter une analyse erronée dépend cependant du type d'ambigüité et de la partie de la structure sur laquelle porte la question de compréhension : dans l'expérience de [Jacob et Felser \(2016\)](#), qui utilisait des phrases à résolution précoce ou tardive, les participants pouvaient identifier correctement le sujet de la proposition subordonnée, mais ils continuaient aussi à interpréter ce syntagme nominal ambigu comme objet du premier verbe. Ainsi, dans la phrase « *While the gentleman was eating the burgers that were really huge were still being reheated in the microwave* » ([Jacob et Felser, 2016](#), p.7), les participants identifiaient « *the burgers* » comme sujet de « *being reheated* », mais ils continuaient à penser que le gentleman mangeait les burgers. Les apprenants sont donc capables d'appliquer une structure syntaxique globalement correcte à des phrases temporairement ambigües, mais l'analyse initiale erronée persiste plus chez eux que chez les locuteurs natifs, ce qui pourrait être dû à des difficultés de mise à jour de l'interprétation en [mémoire de travail](#) ([Cunnings, 2017](#)).

Tant les locuteurs natifs que les apprenants avancés d'une [langue étrangère](#) peuvent traiter la syntaxe de manière incrémentale et prédictive, ce qui conduit à la formation d'attentes lexicales mais aussi syntaxiques lors du traitement de l'[input](#) en temps réel. La manière dont sont traitées les ambigüités syntaxiques temporaires permet de mettre au jour ces mécanismes d'anticipation. La majorité des études vues jusqu'ici a examiné le traitement syntaxique dans des tâches de lecture, qui permettent de renforcer le caractère ambigu des stimuli critiques. En effet, à l'oral, des indices supplémentaires peuvent permettre aux locuteurs de résoudre plus rapidement les ambigüités temporaires, puisqu'ils ont accès notamment à la prosodie.

## 9.2 Utilisation des indices prosodiques pour le traitement de la syntaxe

La prosodie est la manière dont nous modulons notre langage oral pour clarifier notre message, communiquer nos émotions et nos intentions à notre interlocuteur. Elle implique principalement les domaines de la fréquence, du temps et de l'intensité ([Wagner et Watson, 2010](#)). Ce n'est pas une composante isolée du langage : elle interagit avec les autres domaines et notamment la syntaxe pour contribuer à la compréhension de la parole.

### 9.2.1 Lien entre prosodie et syntaxe

#### 9.2.1.1 La structure prosodique

La syntaxe possède une structure hiérarchique, et Selkirk (1980) et Selkirk (1996, 2000, 2005) ont proposé que la prosodie possède également une structure en constituants. Celle-ci permet de faire le lien entre structure syntaxique et pauses prosodiques. La hiérarchie prosodique est détaillée dans le Tableau 9.1. Cette structure

| Notation | Unité                                                    | Exemple                   |
|----------|----------------------------------------------------------|---------------------------|
| Utt      | Énoncé phonologique<br>( <i>Phonological Utterance</i> ) | I think Sue like bananas. |
| IP       | Syntagme Intonatif<br>( <i>Intonational Phrase</i> )     | Sue likes bananas         |
| PhP      | Syntagme Phonologique<br>( <i>Phonological Phrase</i> )  | likes bananas             |
| PWd      | Mot Prosodique<br>( <i>Prosodic Word</i> )               | bananas                   |
| Ft       | Pied ( <i>Foot</i> )                                     | nana                      |
| $\sigma$ | Syllabe                                                  | na                        |
| $\mu$    | More                                                     |                           |

TABLEAU 9.1 – Hiérarchie prosodique d'après Selkirk (1996) (Exemples issus de De-muth (2001))

suit quatre principes de formation, les deux premiers étant particulièrement importants (Selkirk, 1996) :

- Principe d'Étagement : aucun constituant  $C_i$  ne domine un constituant  $C_j$  si  $j$  est plus haut que  $i$  dans la hiérarchie prosodique (ex. une syllabe ne domine pas un pied).
- Principe de Dominance : tout constituant  $C_i$  doit dominer un constituant  $C_{i-1}$ , excepté au niveau de la syllabe.
- Principe d'Exhaustivité : aucun constituant  $C_i$  ne domine immédiatement  $C_j$  si  $j$  ne correspond pas au niveau immédiatement inférieur à  $i$  dans la hiérarchie (tous les niveaux hiérarchiques sont représentés).
- Principe de Non Récursivité : aucun constituant  $C_i$  ne domine  $C_j$  si  $j$  et  $i$  sont au même niveau dans la hiérarchie prosodique.

Aucun syntagme intonatif n'est donc à moitié enchassé dans un syntagme phonologique. Les constituants qui sont plus hauts que le mot prosodique dans la hiérarchie sont construits d'après les informations morphosyntaxiques à la disposition du locuteur : la composante phonologique n'a accès qu'à la structure prosodique une fois que celle-ci est formée et non pas à la structure syntaxique (Selkirk, 1996). La struc-

ture prosodique est donc moins complexe que son équivalent syntaxique : moins de niveaux d'abstraction sont nécessaires pour la compléter avant la formation de représentations en mémoire.

### **9.2.1.2 Correspondance entre structure prosodique et structure syntaxique**

Il est généralement admis que les limites des phrases prosodiques majeures coïncident avec les frontières syntaxiques ([Selkirk, 2005](#)) : par exemple, les frontières des propositions correspondent souvent aux frontières des principaux constituants prosodiques ([Price et al., 1991](#)). La correspondance est plus faible pour le reste des constituants : il n'y a pas de corrélation parfaite entre frontières prosodiques et syntaxiques. En revanche, la correspondance est systématique entre la phrase phonologique (PP) et le syntagme syntaxique d'une part et entre le segment intonatif (IP) et la proposition d'autre part ([Selkirk et Lee, 2015](#)), d'où l'hypothèse que les types de catégories prosodiques hiérarchiquement supérieurs au pied et à la syllabe sont fondés sur la syntaxe ([Selkirk, 2009](#)).

### **9.2.1.3 La prosodie aide au traitement en temps réel de la syntaxe**

Puisque la structure prosodique est alignée sur la structure syntaxique, au moins au niveau des frontières de constituants majeurs, elle peut donner des indices sur celle-ci, y compris au niveau de l'intelligibilité des phrases. Ainsi, il a été montré que les indices dynamiques de fréquence fondamentale aident à la reconnaissance de phrases déclaratives peu prévisibles ([Laures et Bunton, 2003](#)) : lorsque la **fréquence fondamentale (f0)** est plate, les phrases sont moins compréhensibles. De plus, l'enveloppe, qui représente des changements dans l'amplitude et la durée du signal liés au rythme, à la syllabation ou à l'accentuation des mots, a été identifiée comme essentielle pour l'intelligibilité des phrases : [Sharpe et al. \(2014\)](#) ont montré que modifier l'enveloppe impacte la détection de la présence de certains mots dans le signal.

La prosodie permet surtout de faciliter le traitement syntaxique en temps réel. Ainsi, de nombreuses études prouvent l'influence des frontières prosodiques sur l'analyse syntaxique : [Kjelgaard et Speer \(1999\)](#) ont montré par exemple que la construction d'une représentation prosodique complète sert de fondements pour l'analyse syntaxique et sémantique. La prosodie est d'ailleurs intégrée très rapidement dans les représentations linguistiques ([Kjelgaard et Speer, 1999; Marslen-Wilson et al., 1992; Snedeker et Trueswell, 2003](#)) : des expériences en **EEG** montrent que celle-ci interagit avec la syntaxe quasiment immédiatement ([Eckstein et Friederici, 2005](#)). En effet, les frontières prosodiques fournissent des informations sur l'organisation hiérarchique du signal qui favorisent un traitement incrémental ([Wagner et Watson, 2010](#)). Elles permettent ainsi de grouper les mots en unités de traitement ([Frazier](#)

et Clifton, 1998) : les mots qui sont dans le même segment intonatif sont traités simultanément. La présence d'une frontière signale en revanche un point de rupture (Watson et Gibson, 2004). La force même de la frontière peut guider l'analyse syntaxique : Michelas et D'Imperio (2015) ont montré qu'en français, les indices de durée pré-frontière permettaient d'interpréter un segment en tant que phrase accentuelle, alors que des indices de durée et de *f0* indiquaient la présence d'une frontière intonative intermédiaire. Même des frontières peu saillantes donnent des indices immédiats sur la segmentation du signal : Pota *et al.* (2012) ont montré que la différence entre les homophones /la/ dans « la mie de pain » et « l'amie » est perçue de manière automatique et non consciente au niveau neuronal. La présence ou non d'une frontière signale donc la rupture ou la cohésion syntaxique (Bögels *et al.*, 2011), et par conséquent peut indiquer la présence de dépendances longue-distance (Kraljic et Brennan, 2005; Schafer *et al.*, 2005). Ces indices facilitent ainsi le traitement.

Les indices prosodiques rendent aussi possible l'apprentissage de la structure syntaxique dans la parole continue. Ainsi, Langus *et al.* (2012) ont exposé des locuteurs natifs de l'italien à un flux continu de parole dans une langue artificielle dont la structure hiérarchique était signalée par des indices prosodiques. Après une écoute attentive, la phase de test incluait une tâche de reconnaissance à choix forcé : les participants devaient indiquer si le stimulus entendu était ou non grammatical dans la langue artificielle. Deux niveaux de règles existaient dans l'*input* : une règle au niveau du syntagme et une règle au niveau de la phrase, avec des dépendances non locales. Les résultats ont révélé que les participants étaient capables d'apprendre les règles de la langue artificielle en utilisant ces indices prosodiques non seulement lorsqu'ils étaient similaires à ceux utilisés dans leur langue maternelle mais aussi lorsque ce n'était pas le cas. Certains indices signalaient des niveaux différents dans la hiérarchie prosodique (ce que montre également l'expérience de Michelas et D'Imperio (2015)) et étaient utilisés par les participants pour extraire la structure hiérarchique du signal. Les auteurs en ont conclu que les indices prosodiques formaient une meilleure source d'apprentissage que les probabilités transitionnelles souvent considérées comme l'origine de l'apprentissage statistique.

Puisque les frontières prosodiques facilitent le traitement et l'interprétation de la structure syntaxique, la prosodie devrait également aider à désambiguer les phrases temporairement ambiguës. De nombreuses études ont montré que c'est en effet le cas : les effets de *garden-path* sont ainsi réduits en langue orale. Par exemple, une prosodie congruente a des effets facilitateurs sur la résolution rapide d'ambiguités entre phrases à résolution précoce et tardive alors qu'une prosodie non congruente provoque des effets d'interférence. Dans une expérience de *cross-modal naming*<sup>39</sup>,

39. Dans ce type d'expérience, les participants doivent donner le nom d'un élément visuel présenté après un stimulus auditif, la relation entre les deux items étant contrôlée. Le temps

Marslen-Wilson *et al.* (1992) ont montré que l'information prosodique était utilisée en temps réel pour résoudre des ambigüités, et qu'elle suffisait à l'interprétation correcte d'une phrase ambiguë, c'est-à-dire qu'elle était aussi efficace seule qu'accompagnée d'indices syntaxiques. Cependant, si des informations morphosyntaxiques conflictuelles avec la prosodie sont présentes dans l'*input*, celles-ci peuvent prendre le pas sur les indices prosodiques pour l'interprétation de la phrase sans provoquer de sentiment d'interruption fort : les indices prosodiques reçoivent moins de poids en temps réel que les indices morphosyntaxiques, du moins chez des locuteurs natifs d'une langue. Speer *et al.* (1996) et Kjelgaard et Speer (1999) ont confirmé que la présence d'une frontière prosodique a des effets facilitateurs ou d'interférence sur le traitement syntaxique de phrases ambiguës entre résolution précoce ou tardive, par rapport à une prosodie neutre compatible avec les deux interprétations. Cet effet de facilitation a même été observé chez des patients ayant des lésions cérébrales (Walker *et al.*, 2001) et chez des enfants ayant des troubles du spectre autistique (Diehl *et al.*, 2015), qui ont pourtant de grandes difficultés à traiter la prosodie émotionnelle. Les résultats de Speer *et al.* (1996) et Kjelgaard et Speer (1999) montrent également qu'en l'absence d'une frontière, l'analyse par défaut est celle d'une phrase à résolution tardive, comme montré à l'écrit par les expériences de Frazier et Rayner (1982). La présence d'une frontière en mauvaise position est par ailleurs plus problématique pour le traitement qu'une frontière prosodique manquante (Bögels *et al.*, 2013; Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011) : il est plus couteux de supprimer mentalement une frontière superflue que d'en réinsérer une.

Les indices prosodiques sont perçus et utilisés par les locuteurs pour désambiguer l'*input*, parce qu'ils sont naturellement produits : il a ainsi été suggéré que la production de frontières prosodiques résulte d'un processus de planification de la production, et vient des besoins de l'émetteur plutôt que du récepteur. Des études ont en effet montré que ces indices étaient produits pour distinguer des phrases ambiguës entre résolution précoce et tardive même lorsque le contexte était suffisant pour lever l'ambigüité (Schafer *et al.*, 2000), ou lorsque les énonciateurs n'étaient pas conscients de celle-ci (Kraljic et Brennan, 2005). Mais même si ces signaux prosodiques sont produits pour les besoins de l'émetteur du message, ils aident néanmoins l'auditeur à le comprendre et à en interpréter la structure (Watson et Gibson, 2004).

La prosodie permet donc de lever rapidement une ambigüité syntaxique temporaire. L'expérience de Beach (1991) suggère qu'elle peut également assister les mécanismes d'anticipation mobilisés par des monolingues. Dans cette étude, les participants écoutaient le début de phrases synthétisées artificiellement jusqu'au point d'ambigüité, et devaient juger de quel type de phrase la portion était extraite. Les

---

nécessaire aux participants pour nommer le stimulus visuel est influencé par le caractère approprié de cet élément comme suite de l'*input* auditif, sur le plan syntaxique ou sémantique.

locuteurs étaient capables d'utiliser les indices de durée et de hauteur pour faire ce choix correctement. Les indices intonatifs sont également utilisés pour former des prédictions syntaxiques avant d'entendre les informations permettant de lever l'ambiguité (Nakamura *et al.*, 2012), et dans certains cas avant même d'entendre le syntagme ambigu (Snedeker et Trueswell, 2003). Plusieurs expériences en EEG ont montré que la prosodie affecte les attentes sur la structure syntaxique de la phrase. Lorsque la prosodie n'est pas congruente avec la structure syntaxique attendue, elle provoque des réactions de réanalyse similaires à celles observées en présence de violations syntaxiques. Lorsque la violation concerne la structure argumentale du verbe (intransitif ou transitif), elle provoque soit une N400 soit une combinaison de N400 et de P600. Bögels *et al.* (2010) ont ainsi observé que pour les verbes à contrôle de l'objet, les verbes intransitifs comparés aux verbes transitifs provoquaient une N400 seulement lorsqu'une frontière prosodique était présente, alors qu'avec les verbes à contrôle du sujet, la N400 était présente avec ou sans frontière prosodique. Selon le type de structure, les attentes syntaxiques étaient donc différentes et par conséquent affectées différemment par la présence d'une frontière prosodique indiquant une rupture. Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018) ont montré que la présence d'une frontière prosodique superflue, c'est-à-dire suggérant la présence d'un verbe intransitif mais suivie d'un complément forçant l'interprétation syntaxique de ce verbe comme transitif, provoquait une N400 suivie d'une P600. Ce motif biphasique a également été observé par de nombreuses autres études (Friederici et Meyer, 2004; Glushko *et al.*, 2016; Isel *et al.*, 2005; Mietz *et al.*, 2008; Pauker *et al.*, 2011; Steinhauer, 2003; Steinhauer *et al.*, 1999). Lorsque l'incongruité de la prosodie provoque une violation de catégorie syntaxique, c'est une P600 qui est observée (Honbolygó *et al.*, 2016; Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011). Les attentes créées par le signal se font également au niveau de la structure prosodique : lorsque la prosodie perçue n'est pas conforme à ces attentes, une négativité antérieure localisée à droite peut être observée (Eckstein et Friederici, 2005; Honbolygó *et al.*, 2016), par exemple lorsque une intonation correspondant à une affirmation est présentée là où une interrogation est attendue. Cette négativité est liée aux aspects purement prosodiques du signal et est qualitativement différente de la LAN (Eckstein et Friederici, 2005). Cette inversion d'intonation entre question et affirmation peut également provoquer une positivité démarquant autour de 800 ms après la violation et localisée sur les électrodes centrales (Astésano *et al.*, 2004), mais uniquement lorsque les participants se concentrent sur la prosodie. Cette réponse est considérée comme différente de la P600.

Les indices prosodiques sont donc cruciaux dans le traitement du langage en temps réel, car ils fournissent des indications précieuses sur l'organisation du signal, ce qui permet à la fois un traitement incrémental et une anticipation de la structure.

Le principal élément prosodique signalant la structure syntaxique est la frontière prosodique : c'est celle-ci qui permet d'indiquer la rupture ou la continuation de la structure et donc l'extraction des différents types de dépendances locales ou non locales.

## 9.2.2 Traitement des frontières prosodiques

### 9.2.2.1 Quels indices phonétiques ?

Trois types d'indices phonétiques peuvent jouer un rôle dans le signalement des frontières prosodiques, respectivement dans les domaines de la fréquence, du temps et de l'intensité. Ce dernier domaine n'ayant cependant été que peu étudié comme signe de frontière (Wagner et Watson, 2010), nous nous concentrerons sur les deux premiers.

**Domaine temporel** D'après Lehiste (1973), il s'agit du type d'indice le plus fiable pour désambiguer les structures syntaxiques. Le premier de ces signaux, et peut-être le plus saillant, est la présence d'une pause dans le flux de parole. Celle-ci conduit à un changement de réponse abrupt dans une tâche de jugement prosodique, ce qui confirme qu'il s'agit d'un indice fort (Petrone *et al.*, 2017). De plus, la présence et la durée d'une pause sont corrélées à la complexité syntaxique de l'énoncé qui suit, la complexité étant comprise comme le nombre de noeuds dans la structure de cet énoncé (Grosjean *et al.*, 1979).

Le deuxième type d'indice est l'allongement pré-frontière. Même en l'absence d'une pause, on observe un allongement acoustique de la syllabe ou voyelle précédant une frontière prosodique (Browman et Goldstein, 1992; Klatt, 1975; Petrone *et al.*, 2017). Cet allongement est corrélé à d'autres signaux : par exemple, les gestes articulatoires associés aux segments pré-frontières sont plus extrêmes et plus amples (Byrd et Saltzman, 2003). Wagner et Watson (2010) notent que cet allongement affecte la syllabe à gauche de la frontière et s'étend à la syllabe accentuée la plus proche (Petrone *et al.*, 2017). Le degré d'allongement diminue avec la distance à la frontière (Byrd *et al.*, 2006). Cet allongement dépend également de la hiérarchie prosodique : il est mineur à la fin d'un mot prosodique mais plus grand à la fin d'un syntagme intonatif, et contribue donc à la perception de la structure syntaxique. En outre, plusieurs études montrent que ce type d'indice est plus efficace que le *f0* pour signaler la présence d'une frontière prosodique (Michelas et D'Imperio, 2015; Petrone *et al.*, 2017).

Enfin, il a été montré que la réalisation phonétique des segments initiaux dépend de la force de la frontière les précédant (Keating *et al.*, 2003; Wagner et Watson, 2010) : la surface du contact entre langue et palais et le délai d'établissement du

voisement<sup>40</sup> sont supérieurs pour une consonne initiale que médiale en français et en anglais. De plus, un renforcement du segment initial augmente l'intensité perçue de la frontière précédente (Wagner et Watson, 2010).

Un dernier type d'indice relevant du domaine temporel est l'enveloppe (Rosen, 1992; Sharpe et al., 2014). Celle-ci a un impact critique sur l'intelligibilité de la phrase mais aussi sur son traitement syntaxique : Sharpe et al. (2014) ont ainsi montré que la modification de l'enveloppe impacte davantage la sensibilité à la structure syntaxique que celle du f0.

**Fréquence** La prosodie est largement associée aux variations de f0 (Sharpe et al., 2014), qui peuvent entre autres signaler la fin de constituants. Ainsi, il existe des tons pré-frontières (Wagner et Watson, 2010) : ceux-ci sont des changements de hauteur se produisant aux frontières de domaines prosodiques forts. Ils sont toujours produits avant la frontière (Petrone et al., 2017). Il existe une échelle relative de hauteur au sein d'un énoncé : les réinitialisations de la hauteur signalent des discontinuités (de Pijper et Sanderman, 1994) qui indiquent des frontières de constituants fortes (Petrone et al., 2017; Wagner et Watson, 2010).

D'autre part, la qualité de la voix change à la fin du domaine prosodique, avec l'apparition par exemple de voix craquée (voir la revue de Wagner et Watson, 2010). Les indices des domaines temporel et fréquentiel sont liés entre eux : Holzgrefe-Lang et al. (2016) ont montré que le changement de f0 doit se produire avec l'allongement pré-final pour déclencher la perception d'une frontière en allemand. Le ton descendant accompagné de l'allongement pré-final est aussi utilisé pour extraire la structure hiérarchique d'une langue artificielle présentée en flux continu (Langus et al., 2012) : la baisse de hauteur signalerait une frontière de phrase alors que l'allongement pré-final seul indiquerait une frontière de syntagme.

En conclusion, trois indices principaux contribuent à la perception des frontières prosodiques : un allongement du segment pré-frontière, un ton pré-frontière et la présence d'une pause. Le renforcement du segment initial et la glottalisation finale sont des indices additionnels qui peuvent renforcer la perception de la frontière mais ne sont pas nécessaires.

---

40. Le délai d'établissement du voisement ou *Voice Onset Time* (VOT) est une caractéristique des consonnes occlusives. Il correspond au temps écoulé entre le relâchement de la pression de l'air lors de la prononciation de la consonne et le début du voisement de la voyelle suivante, soit le début de la vibration des cordes vocales.

### 9.2.3 Le traitement des frontières prosodiques reflété dans les potentiels évoqués

La perception acoustique des frontières prosodiques est visible au niveau électro-physiologique : outre les composantes syntaxiques pouvant être observées en réponse à des frontières superflues ou manquantes, la présence même d'une frontière prosodique provoque une composante particulière en potentiels évoqués : la *Closure Positive Shift* (**CPS**), identifiée d'abord par [Steinhauer et al. \(1999\)](#). Cette composante est une onde bilatérale positive maximale sur les sites centro-pariétaux mais s'étendant aux électrodes antérieures ([Bögels et al., 2011](#)). Son amplitude moyenne est de 3.4 à  $6 \mu\text{V}$ , avec une durée d'environ 500 ms. Elle commence autour du début de la pause ([Bögels et al., 2011](#)) : elle est probablement déclenchée par le premier marqueur de frontière perçu (possiblement l'allongement pré-final d'après [Steinhauer, 2003](#), en combinaison avec la variation de **f0** ([Petrone et al., 2017](#))). Elle est parfois précédée d'une courte négativité ([Bögels et al., 2011; Nickels et al., 2013](#)). Si la **CPS** est considérée comme différente d'une P600, il est néanmoins possible que les deux composantes partagent des processus sous-jacents ([Steinhauer et Friederici, 2001](#)). L'apparition de la **CPS** est d'autre part indépendante de la modalité (auditive ou visuelle) de l'**input** : elle est également provoquée en lecture par la présence d'une virgule ([Steinhauer, 2003](#)). La réponse est cependant plus ample lorsque les stimuli sont présentés de manière auditive. La **CPS** est considérée comme le reflet de la segmentation de l'**input** en segments prosodiques, et comme une composante réellement prosodique ([Steinhauer, 2003](#)). En effet, [Pannekamp et al. \(2005\)](#) ont montré que des phrases en jabberwocky<sup>41</sup> ou fredonnées et des pseudo-phrases sans syntaxe peuvent aussi provoquer une **CPS**, même si celle-ci est dans ce cas plus antérieure et latéralisée à droite.

L'apparition de la **CPS** est associée à la perception d'une frontière, indépendamment de sa réalisation acoustique ([Steinhauer, 2003](#)) : la pause par exemple n'est pas nécessaire ([Holzgrefe-Lang et al., 2016; Steinhauer, 2003; Steinhauer et al., 1999](#)), bien qu'elle constitue le signal dominant dans les langues non tonales. En revanche, la combinaison de variation du **f0** et d'allongement pré-frontière est indispensable ([Holzgrefe-Lang et al., 2016](#)). La **CPS** est également corrélée positivement avec le degré d'activation des représentations phonologiques. Ainsi, son amplitude dépend de la proéminence des marqueurs phonétiques de frontière ([Kerkhofs et al., 2007](#)). Elle est supérieure quand la frontière est plus inattendue, par exemple lorsqu'un discours crée des attentes d'un certain type par rapport aux mêmes phrases dans des contextes neutres ou produisant les attentes inverses ([Kerkhofs et al., 2008](#)). L'amplitude de la **CPS** est en revanche plus faible lorsque la frontière est attendue

---

41. Les phrases en jabberwocky utilisent des non-mots respectant une structure syntaxique conforme à celle de la langue cible. Elles permettent ainsi de tester les réponses à des aspects purement syntaxique, sans interférence du sens des mots.

yntaxiquement, c'est-à-dire lorsque frontières syntaxique et prosodique coïncident (Kerkhofs *et al.*, 2007).

La CPS a été observée dans de multiples contextes ; notamment avec des phrases à résolution précoce et tardive (Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011) ou avec des verbes à contrôle du sujet et de l'objet (Bögels *et al.*, 2011), et dans une variété d'autres structures (voir Steinhauer, 2003). Cette composante a été obtenue dans une grande variété de langues : en allemand (Holzgrefe *et al.*, 2013; Holzgrefe-Lang *et al.*, 2016; Männel et Friederici, 2009; Pannekamp *et al.*, 2005), en anglais (Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011; Peter *et al.*, 2014), en néerlandais (Bögels *et al.*, 2010; Kerkhofs *et al.*, 2007), en suédois (Roll et Horne, 2011), en japonais (Wolff *et al.*, 2008), en mandarin (Li et Yang, 2009) et en coréen (Hwang et Steinhauer, 2011).

Cependant, Bögels *et al.* (2011) notent qu'il est possible que des effets de tâche influencent l'apparition de la CPS. En effet, les jugements centrés sur la prosodie (juger si la phrase est prosodiquement acceptable) attirent probablement beaucoup l'attention sur le lien entre prosodie et syntaxe. Ce serait également le cas des jugements de compréhension. En outre, l'apparition de la CPS dépend possiblement de la proportion de phrases non naturelles présentes dans l'*input*, des manipulations prosodiques incluses dans les distracteurs et de la réalisation acoustique exacte des frontières.

Grâce à l'EEG, il est donc possible de confirmer la perception des frontières prosodiques en L1 mais aussi en L2, comme l'ont fait Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018). Les indices acoustiques signalant les frontières prosodiques en anglais et en français étant similaires, on peut s'attendre à ce que la perception de ces frontières ne soit pas problématique même pour des apprenants de niveau intermédiaire. En revanche, l'association de ces frontières à la structure syntaxique de la L2 peut causer plus de difficultés. Les apprenants maîtrisent-ils le lien entre prosodie et syntaxe ?

## 9.3 Acquisition du lien prosodie-syntaxe

### 9.3.1 Prosodie, syntaxe et acquisition

#### 9.3.1.1 Prosodie, syntaxe et développement du langage

Comme nous l'avons vu, les indices prosodiques signalent des aspects de la structure de la langue (Gordon *et al.*, 2015; Morgan *et al.*, 1987), et peuvent donc être exploités lors de l'acquisition de la langue pour en extraire la syntaxe. La prosodie facilite ainsi l'acquisition de la grammaire (Morgan *et al.*, 1987). L'apprentissage est en effet plus efficace si l'*input* est constitué de séquences de mots groupés, et la prosodie permet de constituer ces groupes. Si des signaux prosodiques manquent dans l'*input*, l'apprenant n'acquiert pas une grande partie de la syntaxe (Morgan *et al.*, 1987) ; à contrario, les indices redondants sur la structure de la phrase sont nécessaires du point de vue psychologique pour un apprentissage réussi du langage. La régularité dans la prosodie facilite également la rétention en mémoire de nouvelles paires de syllabes, la segmentation et la reconnaissance des mots, l'apprentissage des correspondances entre forme et sens, la compréhension écrite et le traitement de structures syntaxiquement complexes (Gordon *et al.*, 2015; Roncaglia-Denissen *et al.*, 2013).

La prosodie joue donc un rôle clef dans l'acquisition de la langue maternelle. Le développement des capacités prosodiques de l'enfant est rapide et précoce (voir Gordon *et al.*, 2015). Par conséquent, elle est utilisée très rapidement et peut-être avant la syntaxe pour segmenter le signal de parole (de Carvalho *et al.*, 2016; Gordon *et al.*, 2015).

#### 9.3.1.2 Prosodie et syntaxe en L2

Lors de l'apprentissage d'une deuxième langue, les locuteurs peuvent également utiliser les indices prosodiques pour apprendre la syntaxe. L'étude de Morgan *et al.* (1987) a ainsi examiné l'acquisition d'une syntaxe artificielle par des locuteurs natifs de l'anglais. Trois conditions prosodiques étaient comparées : une prosodie congruente, monotone ou arbitraire (et donc conflictuelle). Les indices prosodiques n'étaient théoriquement pas nécessaires pour extraire les règles puisque toutes les informations distributionnelles étaient présentes dans l'*input*. Cependant, les résultats montrent que la prosodie congruente facilite l'apprentissage et est nécessaire pour extraire les règles impliquant des dépendances non locales. D'après l'auteur, cela serait dû aux limitations de nos capacités d'apprentissage : les informations données par les indices prosodiques aident l'apprenant à grouper les mots et facilitent donc le traitement, ce qui permet d'analyser ensuite les relations de dépendance. Langus *et al.* (2012) a également montré que les indices prosodiques constituent de meilleures fondations pour l'apprentissage que les probabilités transitionnelles : des

adultes peuvent utiliser des signaux comme l'allongement final et les variations de  $f_0$  pour extraire des règles grammaticales même lorsque la prosodie fonctionne d'une manière différente de celle de leur L1.

La prosodie pourrait également influencer l'apprentissage de la morphologie en L2 : l'hypothèse de transfert prosodique de Goad *et al.* (2011) stipule ainsi que le problème de production de la morphologie en L2 vient d'un conflit dans les structures prosodiques de la L1 et la L2. Par exemple, si la L1 n'a pas la structure de cliticisation prosodique de la L2, le transfert prosodique depuis la L1 peut empêcher la production correcte des morphèmes grammaticaux. L'expérience de Sagarra et Casillas (2018) montre également que les apprenants avancés peuvent, comme les locuteurs natifs, utiliser des indices prosodiques comme l'accent lexical pour prédire des informations morphosyntaxiques. Ils restent cependant plus lents que les locuteurs monolingues.

Enfin, certaines études ont montré que les apprenants ayant un niveau avancé dans leur deuxième langue peuvent utiliser les indices prosodiques pour traiter des phrases contenant une ambiguïté syntaxique temporaire. Nickels *et al.* (2013) ont comparé le traitement de ce type de stimuli chez des apprenants germanophones de l'anglais et chez des natifs anglophones. Les participants devaient écouter des phrases ambiguës entre résolution précoce et tardive et ayant une prosodie congruente ou non congruente avec la syntaxe. Ils devaient juger à quel point la prosodie de chaque phrase leur semblait naturelle, pendant que leurs réponses électrophysiologiques étaient enregistrées. Les frontières prosodiques provoquaient une CPS chez les apprenants comme chez les natifs. De même, les effets d'incongruence entre prosodie et syntaxe se retrouvaient chez les deux groupes : une P600 en réponse à une frontière prosodique manquante, et une N400 suivie d'une P600 lorsqu'une frontière superflue était ajoutée. L'hypothèse de la frontière manquante a donc été confirmée chez les apprenants comme chez les natifs : il leur était plus couteux de supprimer mentalement une frontière superflue que d'en rétablir une.

Afin de voir si les apprenants ayant comme langue maternelle une langue tonale pouvaient également être sensibles au lien prosodie-syntaxe, Nickels et Steinhauer (2018) ont également testé des apprenants sinophones<sup>42</sup> de l'anglais. Ces apprenants étaient tout aussi capables de traiter les frontières prosodiques, mais la CPS observée était plus grande que chez les apprenants germanophones. Qualitativement, leurs réponses aux conditions prosodiquement non congruentes étaient similaires à celles des autres apprenants, mais quelques différences quantitatives subsistaient. Dans le cas d'une frontière superflue, la N400 obtenue chez les locuteurs du chinois était similaire à celle des deux autres groupes, mais leur P600 était plus faible, ce qui était peut-être dû à une maîtrise moins grande de la structure cible.

Les expériences de Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018) montrent

---

42. Leurs participants étaient majoritairement des locuteurs du Mandarin, mais trois d'entre eux avaient comme langue maternelle le Cantonais.

donc que les locuteurs d'un niveau relativement avancé sont capables d'utiliser les indices prosodiques présents dans l'**input** pour anticiper les structures syntaxiques et pour réanalyser l'**input** quand ces attentes sont contredites.

Pour cette deuxième expérience, nous avons donc cherché à étendre le travail réalisé sur les entraînements en morphosyntaxe à un domaine de syntaxe plus large et pour lequel des changements peuvent potentiellement être observés à plus court terme. En effet, la morphosyntaxe est une source de difficulté notoire chez des apprenants même avancés, et si les langues artificielles permettent d'avoir une vision presque complète de la trajectoire d'apprentissage d'une **L2**, il est plus difficile d'obtenir le même type de paradigme avec une langue naturelle nécessairement plus complexe. En revanche, le recrutement des indices prosodiques pour l'extraction de la syntaxe se fait dès les premiers stades de l'acquisition, il est donc permis de penser qu'un entraînement court visant à renforcer la perception du lien prosodie-syntaxe pourrait conduire assez rapidement à une facilitation du traitement syntaxique et à la résolution plus rapide d'ambigüités temporaires. Notre première question de recherche était donc la suivante :

**QR 1 : Est-il possible d'améliorer l'acquisition de la correspondance entre indices prosodiques et structure syntaxique de la **L2** chez des apprenants intermédiaires ?**

- Peut-on observer des changements au niveau comportemental après un entraînement au lien prosodie-syntaxe ?
- Un entraînement peut-il encore influencer les processus neurophysiologiques en réponse à des incongruences entre prosodie et syntaxe ?

Dans ce travail, nous nous intéressons à la comparaison d'entraînements explicites et implicites. Or nous avons vu que dans les études sur la morphosyntaxe, le paradigme classique utilisé en **EEG** fait appel à de nettes violations morphosyntaxiques. Cela conduit potentiellement à augmenter le caractère explicite de la tâche, malgré les précautions qui peuvent être prises par ailleurs pour garantir un entraînement implicite. En utilisant des ambigüités syntaxiques temporaires et en créant les conditions de violations par l'incongruence de la prosodie (la syntaxe reste toujours correcte), il devient possible d'étudier l'effet d'un entraînement réellement implicite, exploitant uniquement la structure prosodique des phrases. Pour mettre en place ce type d'entraînement, nous nous sommes intéressés au lien qui a été établi dans la recherche entre prosodie et musique.

### 9.3.2 Une piste pour aider l'acquisition : liens entre prosodie et musique

#### 9.3.2.1 Des réseaux parallèles

Les liens entre musique et langage ont depuis longtemps fait l'objet d'un grand intérêt de la part des chercheurs. Le langage, comme nous l'avons vu, implique la prédiction au niveau lexico-sémantique mais aussi syntaxique. Or la musique requiert également un degré important de prédiction (Patel et Morgan, 2017) à des niveaux de structure différents : sur le rythme, l'harmonie et la mélodie. L'apprentissage statistique implicite des probabilités de transition d'une note à l'autre crée des attentes mélodiques comme ce même mécanisme crée des attentes syntaxiques pour le langage. La violation ou la réalisation des attentes ainsi créées joue un grand rôle dans la réponse émotionnelle à la musique (Patel et Morgan, 2017).

Il y a une syntaxe musicale comme il y a une syntaxe linguistique, et les deux sont traitées d'une manière partiellement similaire. En effet, les réponses électrophysiologiques à des violations de structure musicale sont similaires à celles obtenues pour des erreurs syntaxiques (Koelsch, 2005; Koelsch *et al.*, 2013; Patel *et al.*, 1998a). Par exemple, Silva *et al.* (2017) ou Zioga *et al.* (2016) ont observé que les violations de phrasé musical provoquent une P600. Zioga *et al.* (2016) notent cependant que celle-ci est réduite pour les musiciens comparés aux non-musiciens et ce de manière proportionnelle à la quantité d'entrainement musical reçu. Schön *et al.* (2004) ont également observé une négativité précoce similaire à celle obtenue en syntaxe, mais dont la localisation est influencée par la familiarité avec la musique : la négativité est maximale en région centrale gauche chez les non musiciens (telle une LAN) mais temporelle et bilatérale chez les musiciens. Lorsque les réponses ne sont pas identiques, elles peuvent être symétriques : ainsi, les irrégularités de syntaxe musicale provoquent parfois une négativité antérieure droite ou *Early Right Anterior Negativity* (ERAN) (Jentschke et Koelsch, 2009; Koelsch, 2005), qui est le pendant de l'ELAN observée pour les violations de catégorie grammaticale en syntaxe. D'autre part, la CPS observée en réponse à des frontières prosodiques a aussi son équivalent provoqué par les frontières de phrasé musical, même si sa nature exacte est plus controversée. Silva *et al.* (2014) relèvent ainsi que la CPS musicale est distincte de la CPS linguistique : elle apparaît à la fin de la pause (contre le début de la pause dans le langage), qui est nécessaire en musique mais pas pour le langage.

Musique et langage sont aussi traités au moins partiellement par les mêmes réseaux neuronaux. Besson et Friederici (1998) ont ainsi observé que des aires similaires étaient activées pour les traitements syntaxiques et prosodiques d'une part et pour les traitements harmonique, mélodique et rythmique de la musique d'autre part. Musso *et al.* (2015) notent que ce traitement se fait grâce à un réseau localisé principalement dans l'hémisphère gauche et notamment les parties triangulaires et

operculaires du gyrus frontal inférieur, qui sont généralement associées au traitement de la syntaxe. Cependant, il n'y a pas de recouvrement total des zones impliquées dans le traitement des deux modalités : la musique implique plus d'aires de l'hémisphère droit (Musso *et al.*, 2015).

### 9.3.2.2 Interaction entre musique et langage

Il existe plusieurs raisons de penser que le traitement de la musique pourrait avoir un impact sur le traitement du langage. Patel et Morgan (2017) notent ainsi que puisque l'entraînement musical conduit à une meilleure mémoire verbale à court terme et à une meilleure mémoire de travail, il pourrait aussi influencer les mécanismes prédictifs linguistiques. En effet, si plus d'éléments sont disponibles en mémoire de travail, le locuteur peut inconsciemment former plus d'associations locales et donc extraire plus facilement la structure hiérarchique sous-jacente de l'input. Il a également été montré que les musiciens ont de meilleures capacités de compréhension de la parole dans le bruit et dans des conditions acoustiques dégradées : ils obtiennent de meilleures performances à l'effet *cocktail party* (Swaminathan *et al.*, 2015). Cela serait dû au rôle crucial de la mémoire de travail auditive dans cette tâche. Des effets positifs d'un entraînement musical ont été observés au niveau de la syntaxe mais aussi de l'intonation.

**Syntaxe** Un entraînement à la musique permet de mieux exploiter les informations syntaxiques de l'input, ce qui conduit à émettre des prédictions plus fortes sur la suite de l'input : les enfants ayant reçu une instruction musicale prédisent ainsi davantage au niveau syntaxique (Jentschke et Koelsch, 2009). Ces interactions s'observent également au niveau cérébral. Ainsi, le fait d'être musicien ou non influence l'amplitude de la CPS linguistique : celle-ci est plus petite chez les musiciens (Glushko *et al.*, 2016), ce qui est interprété comme le signe d'un traitement plus efficace des frontières prosodiques. D'autres réponses en potentiels évoqués sont également affectées par l'expertise musicale du locuteur. Ainsi, l'ERAN observée en réponse à des irrégularités de syntaxe musicale est plus grande pour les participants musiciens (Jentschke et Koelsch, 2009). L'ELAN syntaxique est elle aussi plus ample chez les musiciens (Jentschke et Koelsch, 2009). Koelsch (2005) a également observé que la LAN en réponse à des violations syntaxiques est réduite lorsque celles-ci sont présentées en même temps que des irrégularités dans la syntaxe musicale par rapport à des séquences d'accords licites. Le traitement de la syntaxe musicale interagit donc bien avec celui de la syntaxe linguistique.

**Intonation** Le développement des compétences prosodiques et musicales est parallèle : dès la toute petite enfance, les bébés préfèrent déjà la prosodie de leur langue maternelle (entre 6 et 9 mois d'après Jusczyk et Krumhansl, 1993 et Höhle *et al.*,

2009) et l'utilisent pour segmenter la parole, mais à cet âge ils préfèrent déjà aussi les structures musicales présentes dans leur culture (Jusczyk et Krumhansl, 1993; Krumhansl et Jusczyk, 1990). Avant de manifester ces préférences, les bébés peuvent discriminer tous les contrastes phonétiques (Werker *et al.*, 2012) mais aussi toutes les échelles musicales (Brandt *et al.*, 2012), ce qui n'est plus le cas lorsqu'ils grandissent. Les expériences en neuropsychologie ont également montré que la prosodie et la musique utilisent des ressources communes : Patel *et al.* (1998b) ont observé des corrélations entre les performances sur une tâche musicale d'une part et prosodique d'autre part chez des sujets amusiques et donc souffrant de difficultés à percevoir les mélodies après des lésions cérébrales bilatérales. Plusieurs études ont également montré que les musiciens sont meilleurs pour traiter les variations de hauteur et notamment les variations très subtiles de f0 (Thompson *et al.*, 2004; Zioga *et al.*, 2016). Globalement, les musiciens perçoivent mieux les contrastes phonétiques. Ils ont une perception catégorielle plus forte des sons de la parole (Bidelman *et al.*, 2014), et obtiennent de meilleurs scores sur les mesures d'apprentissage phonétique et phonologique en L2 : Sieve et Miyake (2006) ont relevé des corrélations entre finesse du traitement perceptif des fréquences musicales et discrimination des phonèmes d'une langue étrangère. La perception catégorielle des intervalles en musique recrute d'ailleurs des régions cérébrales similaires à celles impliquées dans la perception du langage (Klein et Zatorre, 2011), mais de manière symétrique : dans l'hémisphère droit plutôt que gauche. Cet avantage perceptif sert aussi l'apprentissage de la syntaxe : les enfants musiciens extraient plus facilement des régularités statistiques leur permettant de déterminer les frontières des mots dans un input continu (François *et al.*, 2013).

### 9.3.2.3 Entrainement musical et langage

Puisque différents aspects de la musique et du langage interagissent, il est légitime de penser qu'un entraînement dans un domaine pourrait conduire au transfert de certaines compétences dans l'autre. S'il ne nous est pas possible de proposer à nos participants un véritable entraînement s'appuyant sur l'acquisition de compétences musicales, nous pouvons mettre à profit les liens entre musique et langage pour tenter d'améliorer la perception du contour intonatif associé à la structure cible de l'expérience. Notre deuxième ensemble de questions de recherche était donc le suivant :

**QR 2 : Un entraînement fondé uniquement sur la perception du contour prosodique peut-il être efficace dans l'optique de l'acquisition du lien entre prosodie et syntaxe ?**

- Les compétences de discrimination d'une mélodie ainsi acquises peuvent-elles être transférées au même contour lorsqu'il accompagne la parole ?

- Un entraînement explicite à l'utilisation de la prosodie pour prédire la structure syntaxique peut-il également être efficace, et peut-il affecter différemment un jugement prosodique et les réponses en potentiels évoqués ?

Des études ont en effet montré qu'un entraînement musical augmente la sensibilité aux variations subtiles dans le signal de parole et influence la perception du contour intonatif. Cet effet a par exemple été observé sur la détection de déviations dans la durée des consonnes (au niveau du VOT, voir Chobert *et al.*, 2014), mais surtout sur les variations subtiles de **f0**. Ainsi, les enfants ayant reçu quatre ans d'entraînement à la musique détectent mieux les variations infimes de hauteur dans la parole que les non musiciens (Magne *et al.*, 2006). Moreno *et al.* (2009) ont montré que c'était également le cas d'enfants ayant suivi neuf mois d'entraînement à la musique par rapport à d'autres ayant reçu pendant la même durée une formation à la peinture. Ces différences sont visibles dans les potentiels évoqués : les variations subtiles de **f0** provoquent de plus grandes composantes en potentiels évoqués chez les enfants musiciens, alors que la différence d'expertise musicale n'influence pas l'amplitude des réponses aux variations de hauteur plus importantes (Magne *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2009). Dans notre expérience, nous cherchons à améliorer la perception du contour intonatif en **L2** pour que l'association de ce contour avec la structure syntaxique cible soit davantage intégrée par les apprenants : il est donc intéressant de constater qu'un entraînement à la musique peut avoir des conséquences sur la perception de la prosodie.

Mais l'expertise musicale n'influence pas uniquement la perception de la prosodie. En effet, un entraînement à la musique améliore aussi la **mémoire verbale** (Chan *et al.*, 1998; Ho *et al.*, 2003; Kilgour *et al.*, 2000), qui joue un grand rôle dans l'apprentissage de la **L2**. Les capacités de lecture sont également améliorées (voir Butzlaff, 2000, pour une revue de la littérature à ce sujet) : Moreno *et al.* (2009) notent que l'entraînement à la musique améliore les capacités d'analyse auditive et donc la segmentation des sons, ce qui conduit au développement de meilleures représentations phonologiques et donc à une meilleure lecture des correspondances graphème/phonème complexes. La pratique de la musique favorise également le développement cognitif (Anvari *et al.*, 2002; Schellenberg et Weiss, 2013) et des compétences transversales telles que la cognition visuelle, la conscience phonologique, les aptitudes numériques ou encore le raisonnement critique (Cornaz et Caussade, 2014; Neville, 2009).

## 9.4 Questions de recherche

Dans cette expérience, nous avons donc cherché à étendre la portée des entraînements implicite et explicite qui ont été proposés dans la littérature en nous intéressant au traitement non pas de violations syntaxiques mais d'ambiguités syntaxiques temporaires. En évitant d'exposer le participant à des violations grammaticales définitives, nous évitions le biais explicite induit par le paradigme de violations communément utilisé dans les études en EEG. Nous avons eu recours à une structure dont le traitement a été largement étudié en L1 comme en L2, au niveau comportemental et en potentiels évoqués : l'ambiguité entre phrases à résolution précoce (voir Exemple 29 p. 223) et tardive (voir Exemple. 28 p. 223). Ainsi, il nous était possible de contrôler les réponses attendues avant l'entraînement. Cette structure nous permettait également d'induire des violations syntaxiques temporaires en modifiant la prosodie pour la rendre non congruente avec la structure syntaxique de la phrase, en suivant le modèle de Nickels *et al.* (2013) (voir la description des stimuli dans le Tableau 10.3 p. 259).

Pour rappel, la question de départ guidant cette expérience était : est-il possible d'améliorer l'acquisition de la correspondance entre indices prosodique et structure syntaxique de la L2 chez des apprenants intermédiaires ? Avant de savoir s'il est possible de faire progresser les apprenants sur ce point, nous souhaitions étendre les travaux qui ont été réalisés avec les apprenants avancés et déterminer si les apprenants d'un niveau intermédiaire pouvaient également exploiter les indices prosodiques en temps réel pour faire des prédictions sur la structure syntaxique du stimulus entendu. La structure cible choisie pour cette expérience provoque des attentes syntaxiques automatiques chez les locuteurs natifs et les apprenants avancés. Ces attentes sont liées aux mécanismes de traitement par défaut et notamment à la préférence pour la résolution tardive (Frazier et Rayner, 1982). La prosodie peut modifier cette stratégie par défaut : si les indices sont exploités correctement, il est possible de biaiser les attentes vers la structure inverse (à résolution précoce). L'enregistrement des données électro-encéphalographiques nous permet d'examiner la présence de ces prédictions : si des composantes associées aux mécanismes de réanalyse sont présentes, c'est que les attentes syntaxiques des participants ont été contredites. Ainsi, si la prosodie suggère une phrase à résolution précoce mais que la syntaxe correspond en fait à une résolution tardive et que des composantes en ERP telles que la P600 sont observées, cela indique que les apprenants ont été induits en erreur par les indices prosodiques, qui les ont conduit à former des prédictions contraires aux stratégies de traitement par défaut. À l'inverse, si aucune réponse en ERP n'est observée dans ce cas, cela signifie que les apprenants ont adopté les mêmes stratégies de traitement par défaut qu'à l'écrit avec une préférence pour la structure à résolution tardive, et qu'ils ont ignoré les indices prosodiques contradictoires. Comme mentionné plus haut, de nombreuses études ont observé que les

apprenants intermédiaires étaient moins susceptibles de former des attentes concernant la structure syntaxique de l'**input**. L'intégration d'indices de différente nature (sémantiques, syntaxiques et prosodiques) leur est également plus difficile du fait de capacités moindres de **mémoire de travail** dans leur deuxième langue. Leurs aptitudes à exploiter le lien prosodie-syntaxe devraient donc être réduites par rapport à des locuteurs natifs ou d'autres apprenants de niveau avancé comme ceux testés par **Nickels et al.** (2013). Si les apprenants intermédiaires ne parviennent pas à utiliser les indices prosodiques pour faire des prédictions syntaxiques en temps réel ou s'ils ne font pas de prédictions syntaxiques, nous devrions observer des réponses différentes de celles des natifs et des apprenants avancés, qualitativement ou du moins quantitativement.

Nous pouvons donc formuler les hypothèses suivantes :

1. au niveau comportemental :

- Les participants n'ayant pas de difficultés de perception de la prosodie de manière générale, on s'attend à ce qu'ils acceptent comme naturelles les phrases des conditions contrôles plus que les phrases dans lesquelles la prosodie ne correspond pas à la syntaxe.
- Si les apprenants intermédiaires sont sensibles à l'hypothèse de la frontière manquante de **Pauker et al.** (2011) comme le sont les apprenants avancés et les locuteurs natifs, les phrases dans lesquelles une frontière prosodique a été supprimée devraient être davantage classées comme naturelles que les phrases contenant une frontière superflue. Dans le cas contraire, les deux conditions non congruentes seront rejetées dans les mêmes proportions.

2. au niveau des potentiels évoqués :

- Les frontières prosodiques étant instanciées d'une manière similaire en anglais et en français, une **CPS** similaire à celle des natifs et des locuteurs avancés devrait être observée en réponse aux frontières dans les stimuli critiques.
- Dans la condition « Frontière manquante », la prosodie conduit à attendre une résolution tardive alors que la syntaxe est celle d'une résolution précoce. Cela correspond à la situation dans laquelle les effets de *garden-path* en lecture sont observés : le traitement est biaisé vers une résolution tardive du fait de la stratégie par défaut, renforcée ici par la prosodie. Si les participants traitent bien leur **L2** suffisamment rapidement pour créer des attentes syntaxiques en temps réel, une réponse en potentiels évoqués devrait être observée en réaction à ce décalage entre prosodie et syntaxe : si les participants font des prédictions, ils attendront une structure à résolution tardive. En rencontrant le deuxième syntagme verbal, qui indique qu'il s'agit d'une structure à résolution précoce, ils seront conduits à revoir leur analyse : cela devrait donc engendrer une P600, comme ce qui a été observé

en présence de ce type de *garden-path*. En revanche, si les participants n'ont pas une compétence suffisamment élevée et automatisée dans leur L2 pour faire des prédictions en temps réel, aucune réponse ne devrait être observée : les locuteurs n'ont pas besoin de réanalyser la phrase si celle-ci ne contredit pas des attentes qui n'ont pas été créées. Même si une P600 est présente, on peut s'attendre à ce qu'elle soit influencée par la compétence du participant et qu'elle soit plus large pour les participants les plus compétents.

- Dans la condition « Frontière superflue », la syntaxe correspond à une phrase à résolution tardive mais la prosodie suggère une résolution précoce. La structure syntaxique correspond à celle dont l'interprétation est préférée par défaut. Si les participants ignorent les indices prosodiques, le traitement de cette phrase ne devrait donc pas leur poser plus de problème que sa contre-partie avec une prosodie congruente. Dans ce cas, aucune différence entre les deux conditions ne devrait être observée. En revanche, si les apprenants exploitent les indices prosodiques à leur disposition, ils devraient rencontrer des difficultés pour traiter cette phrase. D'une part, une P600 devrait être provoquée par le besoin de réinterpréter la structure lorsque le deuxième syntagme nominal est rencontré et signale que la structure ne peut pas avoir une résolution précoce comme la prosodie le laissait penser. D'autre part, Nickels *et al.* (2013) ont également observé une N400 dans cette condition, qu'ils interprètent comme le signal de difficultés d'intégration dans la structure syntaxique du syntagme nominal ambigu, qui se retrouve détaché du reste de la phrase puisqu'il est placé entre deux frontières prosodiques. Une N400 pourrait donc être observée ici si les participants associent bien les frontières prosodiques à des frontières syntaxiques.

Outre l'amélioration de cette compétence spécifique, le deuxième objectif de cette étude était de comparer l'efficacité potentielle d'entrainements de type explicite et implicite sur le traitement d'ambigüités syntaxiques temporaires. En effet, les études qui ont comparé les effets d'apprentissages explicite et implicite, notamment en EEG, se sont essentiellement intéressées à la maîtrise de règles syntaxiques régissant l'ordre des mots ou la morphosyntaxe, mais peu aux stratégies de traitement en temps réel. Or ces stratégies de traitement sont cruciales dans la progression en *langue étrangère* : la théorie de l'instruction par le traitement (*Processing Instruction*) est fondée sur la modification des stratégies de traitement de la L2 (VanPatten, 1996, 2002, 2004). Le traitement des ambigüités syntaxiques temporaires nous offre une opportunité intéressante d'examiner ces stratégies en temps réel et la manière dont la prosodie, un élément réputé comme saillant dans le traitement de la parole, peut les influencer. Nous nous sommes donc intéressés à l'effet d'entrainements explicite et implicite sur l'exploitation du lien prosodie-syntaxe dans le traitement de ces ambigüités.

L'entraînement explicite consistait en une explication métalinguistique de l'utilisation de la prosodie pour détecter les frontières syntaxiques majeures. Ces explications étaient suivies d'une phase de pratique lors de laquelle le participant entendait le début d'une phrase, interrompue au niveau du mot ambigu, et devait sélectionner la fin cohérente parmi deux possibilités présentées de manière auditive et correspondant aux deux continuations possibles de la phrase. Cette phase de pratique incluait des stimuli critiques mais aussi des distracteurs contenant d'autres types d'ambigüités syntaxiques.

L'entraînement implicite visait à exploiter les interactions observées entre entraînement musical et capacités langagières. Il s'appuyait sur les caractéristiques acoustiques du contour prosodique de la structure critique. Suivant la méthode de Patel *et al.* (1998b), les participants ont été exposés à des mélodies dont chaque son avait les mêmes caractéristiques de fréquence fondamentale et de durée que la phrase critique dont il était extrait. Ainsi, le contour intonatif était préservé mais séparé du caractère linguistique et syntaxique du signal initial. Afin de conserver une similarité maximale entre les deux types d'entraînements, les participants devaient là aussi écouter la première partie d'une mélodie correspondant à la première partie d'un stimulus critique, et choisir la fin adéquate de la mélodie. En évitant d'utiliser la structure cible linguistique pendant cet entraînement, nous garantissions un plus grand degré d'implicite : si les participants ne sont exposés qu'à la mélodie critique pendant les tâches d'entraînement, c'est cet aspect-là qui sera développé et non des stratégies directement liées à la syntaxe. Cela nous permettait donc de tester l'effet d'un entraînement à la perception du contour mélodique sur l'exploitation de ce contour dans le traitement syntaxique.

Pour examiner les effets des deux types d'entraînement, les données électroencéphalographiques des participants ont été recueillies pendant que ceux-ci complétaient une tâche comportementale consistant à évaluer si le stimulus entendu leur paraissait naturel ou non. Cette tâche a été sélectionnée afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux obtenus par Nickels *et al.* (2013). Bien qu'elle ait tendance à attirer l'attention du participant sur la prosodie de manière artificielle, comme relevé par Bögels *et al.* (2011), elle fournit également une mesure comportementale de la sensibilité à la structure prosodique qui complète les mesures en potentiels évoqués. Une semaine après avoir terminé l'expérience, les participants ont réalisé un court post-test dans lequel ils entendaient le début d'une phrase, interrompue au niveau du segment ambigu, et devaient écrire une fin cohérente.

Les hypothèses suivantes peuvent être formulées concernant les effets de l'entraînement :

1. au niveau comportemental :
  - Les participants devraient mieux faire la distinction entre les conditions dans lesquelles la prosodie est congruente et celles dans lesquelles la prosodie contredit la syntaxe. Leur *d'* devrait donc augmenter si les entraînements sont efficaces.
  - Si les deux types d'entraînements sont aussi efficaces l'un que l'autre, le *d'* des deux groupes d'apprenants devrait augmenter de manière similaire. Il est cependant possible que les apprenants recevant un entraînement explicite progressent davantage, car la mesure comportementale attire l'attention sur le lien prosodie-syntaxe, et l'instruction reçue par les participants de ce groupe vise justement à augmenter cette attention.
2. au niveau des potentiels évoqués :
  - Si les entraînements parviennent à modifier les réponses électrophysiologiques, on devrait observer des potentiels évoqués plus similaires à ceux des natifs lors du post-test et plus particulièrement :
    - S'il n'y avait pas de P600 en réponse aux effets de *garden-path* induits par la prosodie lors du pré-test, une P600 devrait apparaître en deuxième session de test.
    - Si la P600 était déjà présente, on peut s'attendre à ce que l'effet soit plus ample lors du post-test. En effet, l'amplitude de la P600 devrait varier en fonction de la compétence des participants : lors du post-test, ils devraient être plus compétents sur la tâche demandée et leur P600 devrait donc être plus grande.
  - Si les entraînements affectent différemment le traitement cognitif des ambiguïtés syntaxiques, des différences entre les groupes devraient être observées lors du post-test.
    - Les participants recevant un entraînement explicite devraient continuer à s'appuyer sur leurs **connaissances explicites** pour traiter les ambiguïtés. Leur P600 en réponse aux effets de *garden-path* devrait donc être plus ample.
    - Les participants recevant un entraînement implicite fondé uniquement sur le contour prosodique ne devraient pas porter plus d'attention explicite aux éléments ambigus. En revanche, si l'entraînement a été suffisant, leur sensibilité aux variations de **f0** pourrait être accrue. Les frontières prosodiques pourraient donc provoquer une CPS réduite par rapport au pré-test et par rapport aux participants de l'autre groupe, puisqu'on sait que la **CPS** linguistique est réduite chez les musiciens ([Glushko et al., 2016](#)). Les participants pourraient également être plus sensibles au fait

que le contour prosodique dans les conditions non congruentes n'est pas conforme à celui avec lequel ils ont été familiarisés pendant l'entraînement, notamment dans la condition contenant une frontière prosodique superflue, qui est la plus saillante. Dans cette condition, on devrait donc observer une N400 plus grande en réaction au syntagme nominal détaché, suivie potentiellement d'une P600 plus ample que lors du pré-test.

# Chapitre 10

## Méthode

### Sommaire

---

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| <b>10.1 Participants . . . . .</b>                | <b>253</b> |
| <b>10.2 Matériel . . . . .</b>                    | <b>257</b> |
| 10.2.1 Stimuli critiques . . . . .                | 257        |
| 10.2.2 Distracteurs . . . . .                     | 262        |
| 10.2.3 Entrainement explicite . . . . .           | 264        |
| 10.2.4 Entrainement implicite . . . . .           | 268        |
| 10.2.5 Post-test en ligne . . . . .               | 269        |
| 10.2.6 Préparation des stimuli . . . . .          | 269        |
| <b>10.3 Procédure . . . . .</b>                   | <b>270</b> |
| 10.3.1 Questionnaire initial . . . . .            | 271        |
| 10.3.2 Expérience EEG . . . . .                   | 271        |
| 10.3.3 Entrainement . . . . .                     | 272        |
| 10.3.4 Post-test en ligne . . . . .               | 273        |
| <b>10.4 Acquisition des données EEG . . . . .</b> | <b>273</b> |
| <b>10.5 Analyses . . . . .</b>                    | <b>274</b> |
| 10.5.1 Évaluation du niveau . . . . .             | 274        |
| 10.5.2 Réponses comportementales . . . . .        | 275        |
| 10.5.3 EEG . . . . .                              | 275        |
| 10.5.4 Analyses statistiques . . . . .            | 276        |

---

### 10.1 Participants

16 locuteurs natifs de l'anglais (5 hommes) et 34 francophones (6 hommes) ont pris part à l'expérience. Deux locutrices du français ont dû être exclues : l'une

car elle n'a complété que la première moitié de l'expérience, l'autre en raison de trop nombreux artefacts dans le signal **EEG** lors du pré-test. Les données de 32 participants francophones ont donc été conservées. Les francophones ont été répartis aléatoirement en deux groupes expérimentaux : groupe Explicite (E) et groupe Mélodique (M). Tous les participants ont déclaré être droitiers, avaient une vision normale ou corrigée et une audition normale. Le groupe contrôle était constitué

| Groupes    | Nombre d'individus<br>(Individus de sexe masculin) | Âge moyen<br>(Écart-type) |
|------------|----------------------------------------------------|---------------------------|
| Natifs     | 16 (5)                                             | 23;2 <sup>43</sup> (3;0)  |
| Apprenants | 32 (6)                                             | 21;1 (1;6)                |

TABLEAU 10.1 – Nombre d'individus et âge moyen par groupe

de locuteurs natifs monolingues de l'anglais, qui étaient originaires majoritairement des États-Unis (8) ou du Royaume Uni (5). Les autres étaient nés au Canada, en Inde et en Afrique du Sud. Ces locuteurs étaient âgés de 23 ans en moyenne (de 19 à 27 ans, voir Tableau 10.1) et n'avaient pas non plus reçu d'instruction musicale supérieure à un an dans l'enfance (4 participants avaient suivi moins d'un an de cours de musique). Le diplôme le plus élevé obtenu par ces participants était la plupart du temps un *Bachelor's Degree* (10) ; certains avaient également un Master (4) ou un Doctorat (1). Un participant avait comme plus haut diplôme l'équivalent du baccalauréat (*High School Diploma*). Trois participants ont déclaré ne pas parler d'autre langue que l'anglais. Les autres ont identifié comme deuxième langue dominante principalement le français (10), mais aussi l'hindi, l'espagnol et l'afrikaans. Six participants ont rapporté parler une troisième langue, celle-ci étant le français (2), l'espagnol (3) ou le russe (1). Les locuteurs anglophones ont dû évaluer sur une échelle à cinq niveaux s'ils aimeraient apprendre de nouvelles langues — ce qui semblait être le cas ( $M=4.25/5$ ,  $ET=0.93$ ), et à quel point cela leur paraissait facile ( $M=3/5$ ,  $ET=0.97$ ).

Les francophones étaient étudiants en licence Langues, Littératures, Civilisations Étrangères et Régionales (LLCER) anglais ou Langues Étrangères Appliquées (LEA) avec l'anglais comme une de leurs deux langues d'étude, et avaient complété quatre à six semestres d'instruction au moment de l'expérience. Ils étaient âgés de 21 ans en moyenne (20 à 27 ans). Ils n'avaient pas reçu d'instruction musicale supérieure à une année scolaire dans leur enfance (4 participants, 2 dans chaque groupe expérimental, avaient suivi un an de cours de musique ou moins). Leur seule langue maternelle

43. Pour rapporter les âges des participants ou tout autre donnée exprimée en années et mois, nous adoptons la convention de notation utilisée en acquisition de la **L1** : le premier nombre renvoie aux nombres d'années et le deuxième au nombre de mois.

était le français, et ils n'avaient pas effectué de séjour en pays anglophone supérieur à un mois. 56 % d'entre eux ont déclaré avoir passé du temps dans une famille anglophone pour une moyenne de 5.6 jours ( $ET=8.12$ , de 2 à 35 jours). 5 participants ont déclaré parler quatre langues, le reste d'entre eux trois (20) ou certains deux (7), ce qui, comme noté dans l'Expérience 1, ne correspond pas à la situation classique d'un étudiant en France qui apprend nécessairement deux langues étrangères au collège. On peut supposer que ces personnes ont considéré avoir un niveau trop faible dans leur troisième langue pour la mentionner. 85 % des participants ont déclaré avoir appris l'anglais en deuxième chronologiquement, et le reste en troisième langue (3). Les autres langues apprises en deuxième par ordre d'acquisition étaient l'arabe, l'espagnol et le khmer. La troisième langue apprise était majoritairement l'espagnol (13). Quelques participants avaient également appris l'allemand (6) et l'italien (1). Tous les participants ont déclaré que l'anglais était leur deuxième langue par ordre de dominance, après le français. La troisième langue dominante était la langue apprise en deuxième, troisième ou parfois quatrième langue par ordre chronologique : l'espagnol (14) et l'allemand (7) principalement, mais aussi l'italien, l'arabe, le khmer et le portugais (1 dans chaque cas). Les participants ont déclaré avoir commencé à apprendre l'anglais autour de 9 ans en moyenne ( $M=8 ; 11$ , de 5 à 13 ans).

Les participants ont également auto-évalué leur niveau par type de compétence (Expression et Compréhension orale et écrite) (voir Tableau 10.2 p. 258 et Figure 10.1). Un test de Student avec correction de Welch a été réalisé pour comparer le niveau auto-évalué dans les deux groupes d'apprenants. Aucune différence significative n'a été trouvée ( $p>.1$ ,  $M_E=16.38/20$ ,  $M_M=16.50/20$ ).

Comme dans l'Expérience 1, il était demandé aux participants d'indiquer la contribution estimée de 5 facteurs à leur exposition à la langue anglaise : leurs études (Études), les interactions avec des locuteurs natifs (Interactions), la lecture (Lecture), les films et séries (TV), les émissions radios et podcasts (Radio). La contribution moyenne estimée de chaque facteur est rapportée dans le Tableau 10.2 et la Figure 10.2. Une analyse avec un modèle logistique ordinal (package R `ordinal`) a montré que le facteur Études était considéré comme supérieur à tous les autres (toutes valeurs de  $p<.05$ ) : 84 % des participants ont donné à ce facteur une importance de 5/5. À l'inverse, le facteur Radio était considéré comme moins important que tous les autres (toutes valeurs de  $p<.05$ ) : 82 % des participants lui ont attribué un score de 2 ou moins.

Les participants ont également dû noter sur une échelle de 1 à 5 à quel point ils aimait parler anglais, se sentaient en confiance pour parler anglais, aimait apprendre des langues en général et trouvaient facile d'apprendre des nouvelles langues. Les données relatives à ces mesures de motivation sont visibles dans le Tableau 10.2. La moyenne des réponses concernant le goût pour l'anglais et les langues en générales sont élevées ( $>4.5$ ), ce qui n'est pas surprenant pour des étudiants en langue. Un test

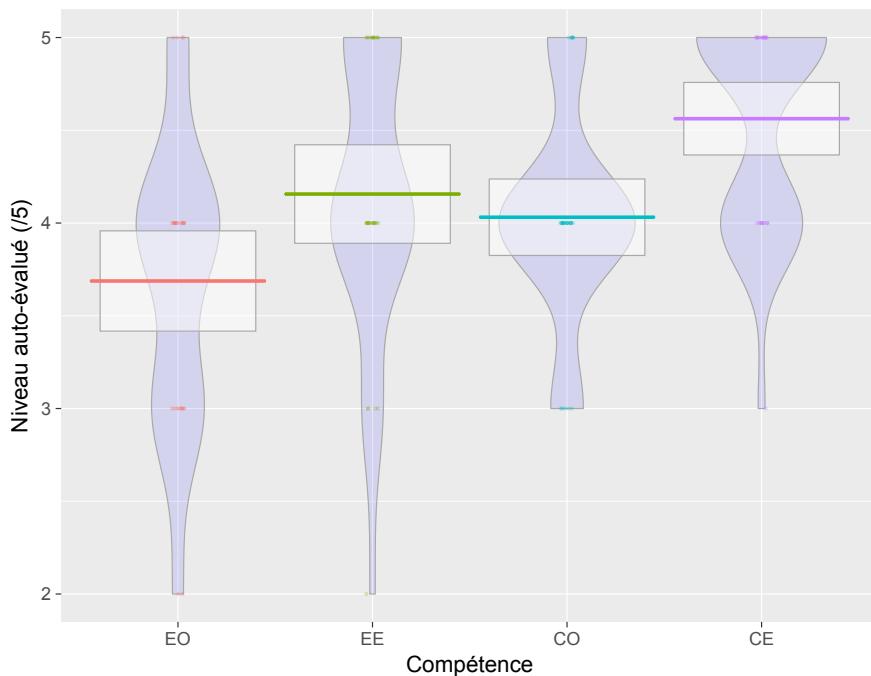


FIGURE 10.1 – Niveau auto-évalué par type de compétence (EO : Expression Orale, EE : Expression Écrite, CO : Compréhension Orale, CE : Compréhension Écrite)

de corrélation a montré que, comme dans l’Expérience 1, la confiance en soi pour parler anglais était corrélée au niveau total auto-évalué des participants ( $t(30)=3.85$ ,  $p=.0006$ ,  $r=0.57$ ). Contrairement à l’Expérience 1, les participants ont rapporté un goût assez prononcé pour l’apprentissage des langues en général ( $M>4.5/5$ ). Cela est peut-être dû au fait que les participants de cette expérience étaient en deuxième ou troisième année de licence — les étudiants les moins motivés ont déjà quitté la formation à ce stade.

Tous les participants ont dû compléter un formulaire de consentement dont ils ont conservé un exemplaire. Ce formulaire contenait des informations sur le déroulement de l’expérience, la rémunération des participants et leurs droits. Les données ont été rendues anonymes par l’attribution d’un code pour chaque participant, composé de l’identifiant de son groupe et d’un numéro. Hormis sur le formulaire de consentement, le nom des participants ne figure pas dans les données. Les participants francophones ont reçu 50€ pour une participation complète à l’expérience, et les locuteurs anglophones 20€. Cela correspond à un taux de rémunération horaire de 10€ environ (la durée de l’expérience pouvait légèrement varier selon les participants, selon le temps qu’ils mettaient à réaliser l’expérience et le temps de mise en place des électrodes, pouvant aller de 25 min à 1h15).

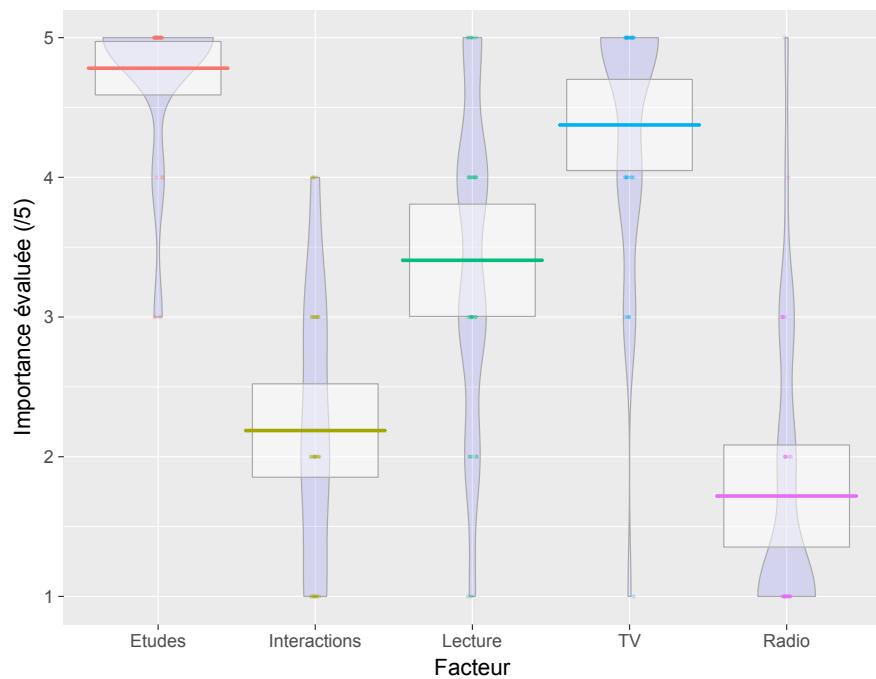


FIGURE 10.2 – Importance de différents facteurs pour l’acquisition à l’anglais évaluée par les apprenants

## 10.2 Matériel

### 10.2.1 Stimuli critiques

#### 10.2.1.1 Conception des stimuli

Au total, 384 stimuli critiques étaient inclus dans l’expérience entre pré- et post-test. Les stimuli étaient construits sur le modèle de Pauker *et al.* (2011) et Nickels *et al.* (2013) : il s’agissait de phrases contenant un premier verbe optionnellement transitif. Ainsi, il y avait une ambiguïté syntaxique locale : le syntagme nominal rencontré après le verbe pouvait soit être son objet (résolution tardive) soit le sujet du syntagme verbal suivant (résolution précoce). Les études en lecture montrent une préférence par défaut pour les structures à résolution tardive (Frazier et Rayner, 1982), mais les études utilisant une présentation auditive des stimuli ont démontré que les locuteurs utilisent les frontières prosodiques pour interpréter et désambiguer ces phrases (Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011). Quatre conditions ont donc été créées (voir Tableau 10.3 et Arbre 32). Deux d’entre elles avaient une prosodie congruente et correspondaient à la version correcte du stimulus : phrases à résolution précoce (Arbre 32a) avec prosodie congruente

|                                                  |                                        | <i>M</i> | <i>ET</i> |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-----------|
| <b>Niveau</b>                                    | Niveau total /20                       | 16.44    | 1.90      |
|                                                  | Niveau de Compréhension Orale /5       | 4.03     | 0.59      |
|                                                  | Niveau de Compréhension Écrite /5      | 4.56     | 0.56      |
|                                                  | Niveau d'Expression Orale /5           | 3.69     | 0.78      |
|                                                  | Niveau d'Expression Écrite /5          | 4.16     | 0.77      |
| <b>Contribution du facteur à l'exposition /5</b> | Études                                 | 4.78     | 0.55      |
|                                                  | Interactions avec des natifs           | 2.19     | 0.97      |
|                                                  | Lecture                                | 3.41     | 1.16      |
|                                                  | TV/Films                               | 4.38     | 0.94      |
|                                                  | Radio                                  | 1.72     | 1.05      |
| <b>Motivation pour la L2 /5</b>                  | Goût pour la langue                    | 4.84     | 0.45      |
|                                                  | Confiance en soi pour parler la langue | 4        | 0.92      |
| <b>Apprentissage des langues</b>                 | Goût                                   | 4.72     | 0.68      |
|                                                  | Facilités                              | 3.38     | 0.98      |

TABLEAU 10.2 – Réponses des apprenants au questionnaire sur l'historique d'acquisition de l'anglais

(Condition A) et phrases à résolution tardive (Arbre 32b) avec prosodie congruente (Condition B). Les deux autres conditions étaient obtenues en recombinant le début et la fin des deux conditions contrôles pour créer deux conditions à prosodie incongruente : des phrases à résolution tardive avec prosodie incongruente (Condition C) et des phrases à résolution précoce avec prosodie incongruente (Condition D). Dans la condition C, il y avait donc une frontière prosodique superflue dans le stimulus, alors qu'une frontière manquait dans les stimuli de la condition D.

Deux listes de 48 paires de phrases, soit 192 stimuli, ont été préparées. Les 1000 verbes apparaissant le plus fréquemment sous une forme continue (avec le suffixe *-ing*) ont été extraits du corpus NOW (*News on the Web*), un corpus Web de près de six milliards de mots, issu de magazines et de journaux entre 2010 et 2017 (Davies, 2013). Ce corpus présente l'avantage d'incorporer des données très récentes et issues d'un support auquel la majorité de la population est exposée, le Web, et de ne pas être spécifiquement américain. Certains de ces 1000 verbes ont ensuite été sélectionnés sur la base de leur ambitransitivité, c'est-à-dire de leur possibilité d'être utilisés comme verbes transitifs ou intransitifs. Les verbes sélectionnés ont ensuite été combinés avec des noms communs fréquents et/ou issus du livre de vocabulaire utilisé dans les premières années de formation des étudiants en anglais à l'université où se déroulait l'expérience (et dont étaient issus la majorité des participants). Afin de réduire le biais transitif des verbes, tous étaient présentés sous une forme progressive (Frazier *et al.*, 2006; Nickels et Steinhauer, 2018). La moitié des 96 phrases

| Condition | Syntaxe | Prosodie     |
|-----------|---------|--------------|
| A         | RP      | Congruente   |
| B         | RT      | Congruente   |
| C         | RT      | Incongruente |
| D         | RP      | Incongruente |

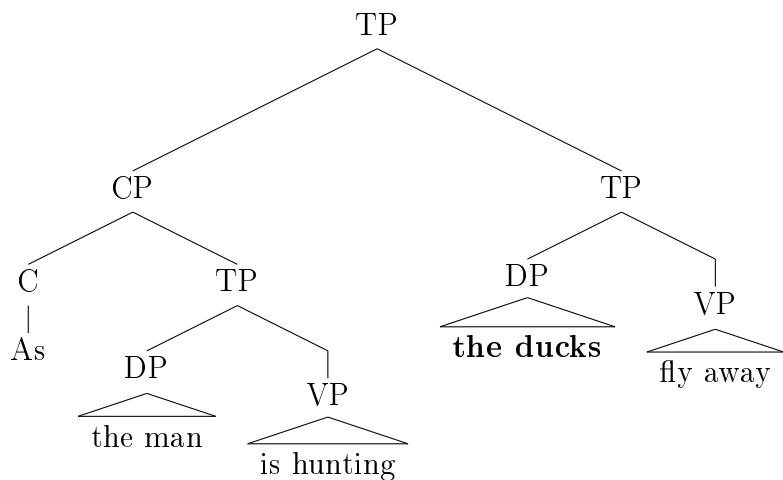
  

| Condition | Stimulus                                                        |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| A         | As the man is hunting # the ducks fly away.                     |
| B         | <i>As the man is hunting the ducks, # the pigeons fly away.</i> |
| C         | As the man is hunting # the ducks # the pigeons fly away.       |
| D         | <i>As the man is hunting the ducks fly away.</i>                |

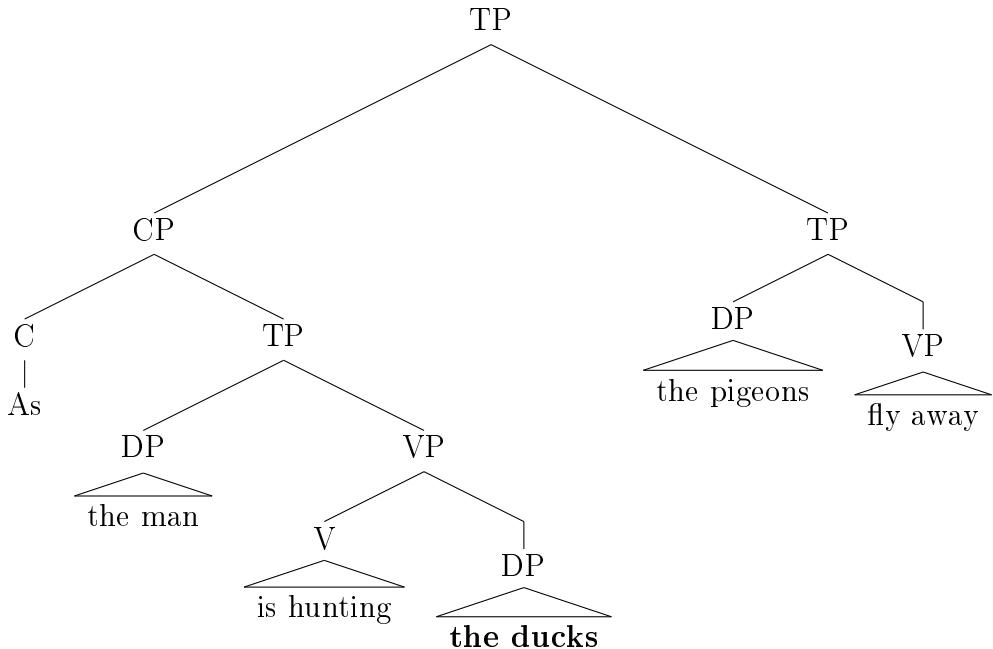
TABLEAU 10.3 – Exemple de stimuli pour les quatre conditions expérimentales

ainsi créées était au passé, et l'autre moitié au présent ; toutes utilisaient la troisième personne du singulier. Ces 96 phrases ont ensuite été déclinées en deux conditions : résolution précoce (condition A) et résolution tardive (condition B). Le deuxième syntagme nominal devait donc pouvoir apparaître comme objet du verbe critique mais aussi comme sujet du syntagme verbal suivant. Les deux conditions contenant des anomalies ont été obtenues par *cross-splicing* (voir 10.2.6.2, p. 269) : 384 stimuli critiques ont donc été répartis dans deux listes pour le pré- et post-test, soit 192 stimuli critiques par session expérimentale. La liste des stimuli est visible dans l'Annexe I p. 445.

(32) a.



b.



### 10.2.1.2 Analyses acoustiques

Suivant Kjelgaard et Speer (1999); Pauker *et al.* (2011); Steinhauer *et al.* (1999) et Bögels *et al.* (2010), les mesures suivantes ont été extraites pour chaque segment de la phrase (voir Tableau 10.4) afin de vérifier que la structure prosodique des phrases des deux conditions différait comme prévu : (1) durée du mot / du syntagme / de la pause, (2)  $f_0$  minimum, maximum et moyen, et (3) intensité.

| Cond. | Adv | NP1     | VP1        | Pause1 | NP2       | Pause2 | NP3         | VP2      |
|-------|-----|---------|------------|--------|-----------|--------|-------------|----------|
| A     | As  | the man | is hunting | #      | the ducks | -      | -           | fly away |
| B     | As  | the man | is hunting | -      | the ducks | #      | the pigeons | fly away |

TABLEAU 10.4 – Découpage des stimuli en segments pour les analyses acoustiques

Les contrastes attendus sur la durée (interaction Segment  $\times$  Condition  $F(6,1273)=66.97$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.24$ ) ont été observés (voir Figure 10.3) : dans la condition A, la frontière précoce était marquée par un allongement pré-frontière du premier syntagme verbal (VP1) ( $M_{A-B}=178$  ms,  $ES=17$  ms,  $t(1273)=10.60$ ,  $p<.0001$ ,  $d^{44}=1.80$ ) et une pause ( $M_{A-B}=159$  ms,  $ES=17$  ms,  $t(1273)=9.45$ ,  $p<.0001$ ,  $d=2.93$ ). Dans la condition B, le deuxième syntagme nominal (NP2) était allongé ( $M_{B-A}=95$  ms,  $ES=17$  ms,  $t(1273)=5.66$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.86$ ) et suivi par une pause ( $M_{B-A}=218$  ms,  $ES=17$  ms,  $t(1273)=12.90$ ,  $p<.0001$ ,  $d=3.02$ ).

44.  $d$  de Cohen.

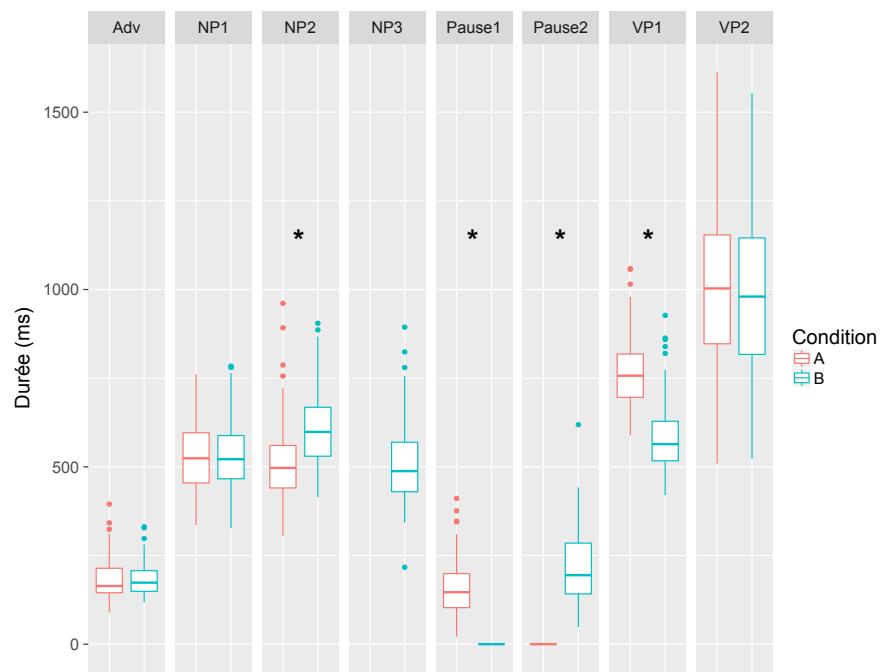


FIGURE 10.3 – Durée des segments des stimuli critiques par Condition

Des différences entre conditions ont également été observées pour l'intensité des segments (interaction Segment  $\times$  Condition<sup>45</sup> :  $F(4,909)=3.61$ ,  $p=.006$ ,  $\eta_p^2=0.02$  ; voir Figure 10.4) : l'intensité du deuxième syntagme nominal était supérieure dans la condition A par rapport à la condition B ( $M_{A-B}=1.66$  dB,  $ES=4.12$ ,  $t(818)=4.16$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.60$ ), c'est-à-dire après la frontière précoce. L'intensité du deuxième segment verbal (VP2) était marginalement plus grande dans la condition A ( $M_{A-B}=0.77$  dB,  $ES=0.40$ ,  $t(818)=1.93$ ,  $p=0.05$ ,  $d=0.28$ ).

Les mesures de  $f_0$  ont également révélé des différences significatives entre condition pour le  $f_0$  moyen par segment (interaction Segment  $\times$  Condition  $F(4,909)=7.62$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.04$ ; voir Figure 10.5) et le  $f_0$  minimum par segment (interaction Segment  $\times$  Condition  $F(4,909)=55.93$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.22$ ). Le deuxième syntagme nominal (NP2) était caractérisé par un  $f_0$  moyen inférieur dans la condition B ( $M_{A-B}=15.68$  Hz,  $ES=2.85$  Hz,  $t(818)=5.50$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.62$ ), ainsi qu'un  $f_0$  minimum supérieur dans la condition A ( $M_{A-B}=22.11$  Hz,  $ES=2.44$  Hz,  $t(818)=9.05$ ,  $p<.0001$ ,  $d=1.34$ ). Le  $f_0$  minimum était également inférieur dans la condition A sur le premier syntagme verbal (VP1) soit juste avant la pause ( $M_{A-B}=-30.63$  Hz,  $ES=2.44$  Hz,  $t(818)=-12.54$ ,  $p<.0001$ ,  $d=1.50$ ). Cette diffé-

45. Le facteur Segment comprenait ici les niveaux Adv, NP1, NP2, VP1 et VP2 soit les segments de parole présents dans les deux conditions.

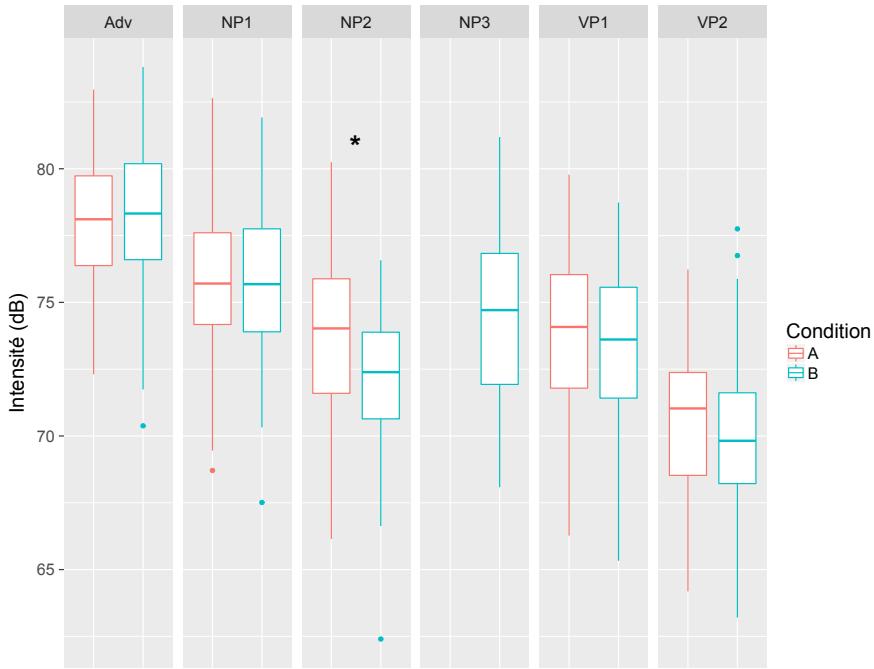


FIGURE 10.4 – Intensité des segments des stimuli critiques par Condition

rence était seulement marginalement significative sur le  $f_0$  moyen ( $M_{B-A} = -5.42 \text{ Hz}$ ,  $ES = 2.85 \text{ Hz}$ ,  $t(818) = -1.90$ ,  $p = .06$ ,  $d = 0.30$ ). On observait donc bien une diminution de  $f_0$  juste avant la pause dans les deux conditions critiques.

Ainsi, les frontières prosodiques dans les deux conditions étaient marquées par :

- Un allongement du syntagme pré-frontière (VP1 plus long dans la condition A, NP2 dans la condition B).
- Une pause (après VP1 dans la condition A et après NP2 dans la condition B).
- Une fréquence fondamentale plus basse pour le syntagme précédent la pause (VP1 plus bas dans la condition A, NP2 dans la condition B).

Dans la condition A, le segment suivant la pause était également marqué par une intensité supérieure (NP2). Cette différence ne pouvait pas être observée dans la condition B puisque le segment NP3 n'existe pas dans la condition A et ne pouvait donc lui être comparé.

### 10.2.2 Distracteurs

384 distracteurs au total ont été répartis sur les deux sessions expérimentales : lors de chaque session, la moitié des stimuli entendus étaient donc des distracteurs. Ceux-ci étaient de trois sortes. Ils ont tous été créés d'une manière similaire aux stimuli critiques, en combinant des verbes non utilisés dans les phrases expérimentales

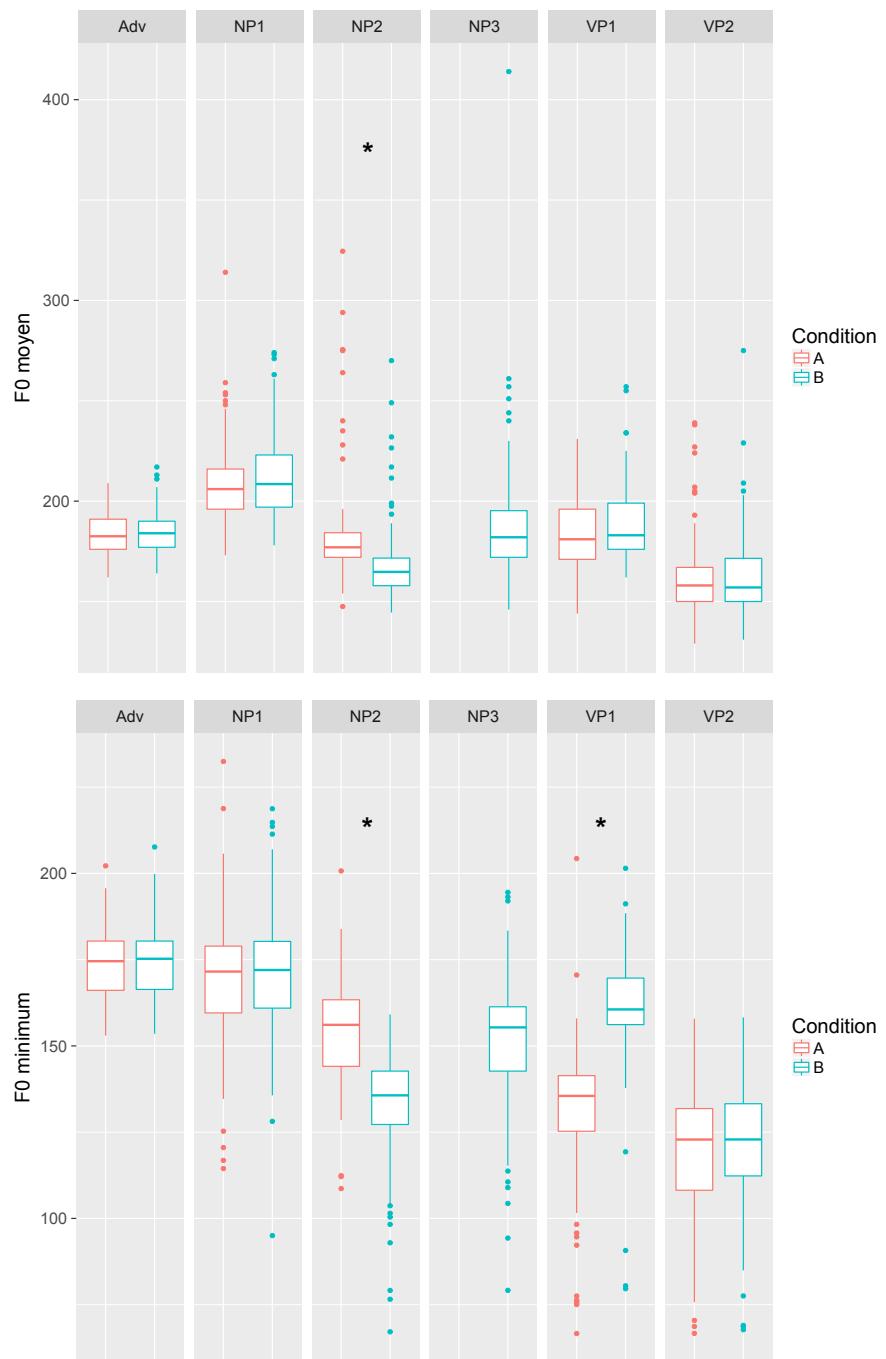


FIGURE 10.5 – Fréquence fondamentale (f0) moyenne et minimale des segments des stimuli critiques par Condition

(verbes transitifs et non ambitransitifs) et des noms communs fréquents.

La première catégorie de distracteurs ( $n=96$ ) consistait en des phrases composées de la manière suivante : un syntagme nominal sujet d'un verbe puis d'une complétive en « *to* », comme dans l'exemple 33. Le verbe de la subordonnée était un verbe transitif suivi d'un complément. La moitié de ces stimuli était rendue incorrecte par l'échange du deuxième verbe et du nom du deuxième syntagme nominal (Exemple 33b).

- (33) a. *The bank chose to ignore the effects of their actions.*  
 b. \* *The bank chose to effects the ignore of their actions.*

Toutes ces phrases étaient au présent ; le premier syntagme nominal était pluriel dans la moitié d'entre elles.

Le deuxième type de distracteurs ( $n=96$ ) comprenait des phrases contenant un verbe ditransitif au présent suivi d'un pronom et d'un syntagme nominal Déterminant + Nom (voir Exemple 34). Le syntagme nominal sujet était pluriel dans la moitié d'entre elles. La moitié de ces distracteurs contenait une violation obtenue en échangeant le premier nom et le verbe.

- (34) a. *The politicians deny her a passport.*  
 b. \* *The deny politicians her a passport.*

Les distracteurs du troisième type ( $n=192$ ) étaient des phrases composées d'un syntagme nominal sujet d'un verbe transitif, ayant pour objet un deuxième syntagme nominal suivi d'un syntagme prépositionnel ou adverbial (Exemple 35). Le syntagme nominal sujet était toujours au singulier ; le verbe était au passé dans la moitié des phrases et au présent dans l'autre moitié. 96 de ces distracteurs étaient rendus syntaxiquement incorrects par l'échange du verbe et du deuxième nom.

- (35) a. *The vet heals the hamster for the children.*  
 b. \* *The vet hamster the heals for the children.*

Pour tous les distracteurs, seul la version correcte a été enregistrée : toutes les violations ont été obtenues par *cross-splicing*.

### 10.2.3 Entrainement explicite

Chaque session d'entraînement comprenait :

- 48 stimuli de type critique, construits sur le même modèle que les stimuli critiques de l'expérience
- 24 stimuli de type complétive / relative
- 60 stimuli de type coordination

**Stimuli de type critique** Pour chaque session, 48 stimuli correspondaient à la condition critique de l'expérience : 24 suivaient la condition A (résolution précoce) et 24 la condition B (résolution tardive). Tous ont été construits selon le même modèle que les stimuli expérimentaux avec de nouveaux verbes, avec quelques modifications : les verbes étaient au présent simple et le troisième syntagme nominal dans la condition B (résolution tardive) était un pronom.

- (36) a. (RP) *If a wild animal approaches, the children should not touch it.*
- b. (RT) *If a wild animal approaches the children, they should not touch it.*

**Stimuli de type complétive / relative** Ces stimuli étaient construits de telle sorte que le syntagme nominal objet du verbe de la proposition principale était suivi de *THAT* pronom relatif ou de *THAT* complémenteur, selon la structure suivante :

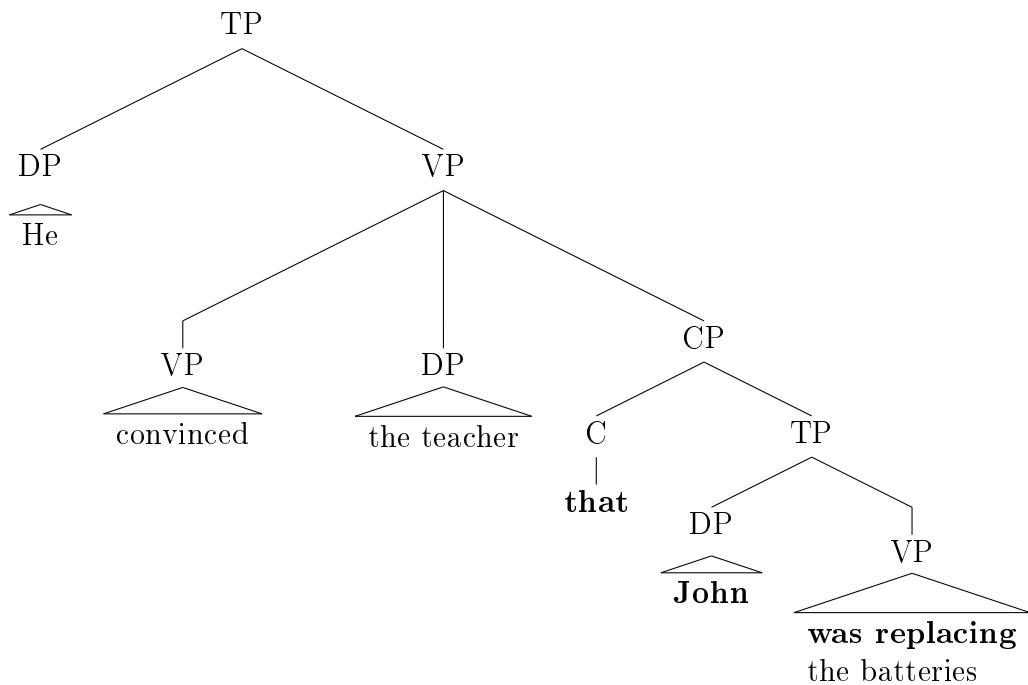
*Pronom + Verbe1 + NP2 + THAT + NP3 + Verbe2 + [NP/PP].*

Il y avait donc une ambiguïté syntaxique temporaire résolue uniquement au niveau du quatrième syntagme nominal, après le verbe de la subordonnée (voir Exemple 37 et Arbres 38 et 39).

- (37) a. (Complétive) *He convinced the teacher that John was replacing the batteries of the TV.*
- b. (Relative) *He convinced the teacher that John was replacing to leave earlier than planned.*

Tous les verbes du deuxième syntagme verbal étaient à la forme progressive et tous ceux du premier syntagme verbal au présent.

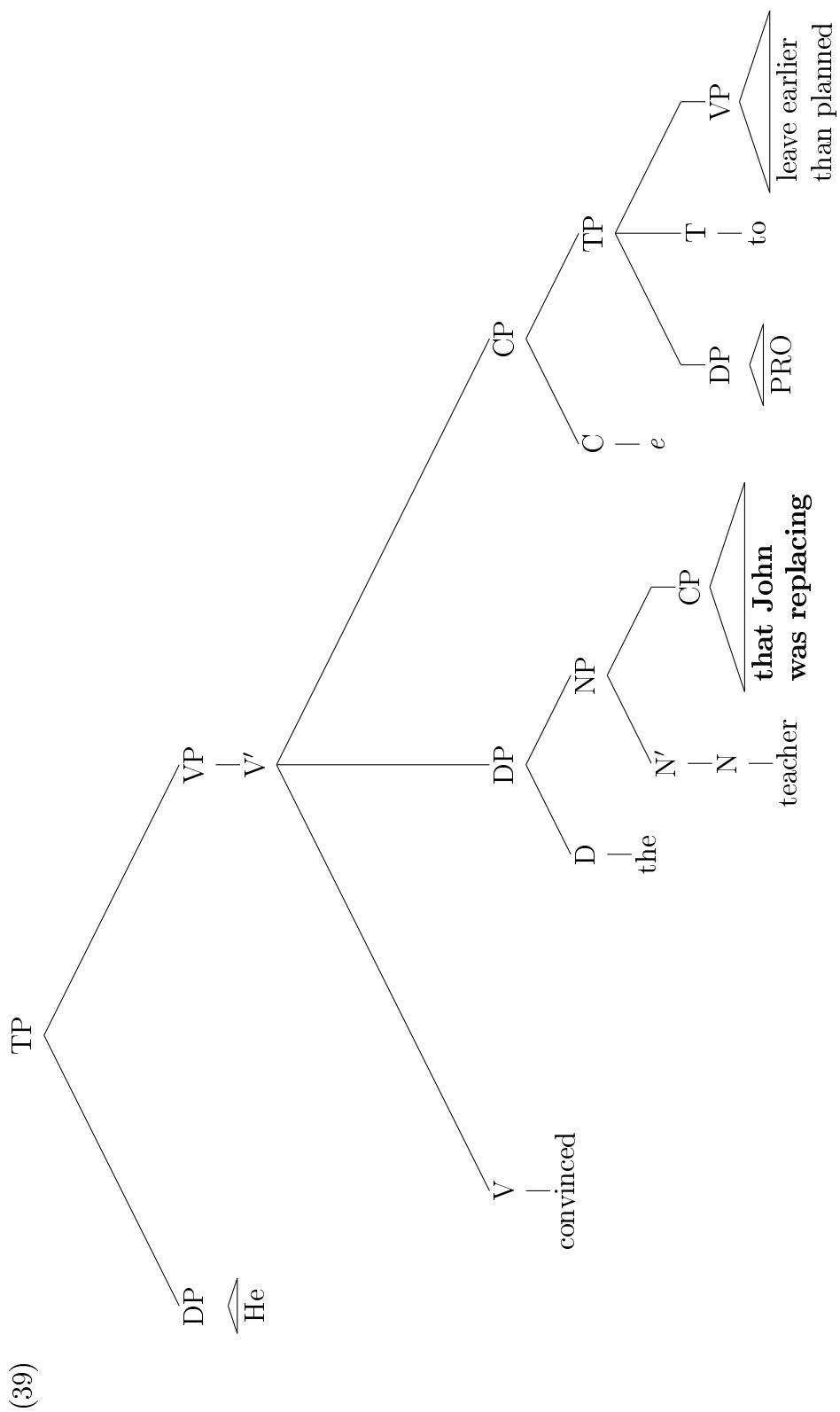
(38)



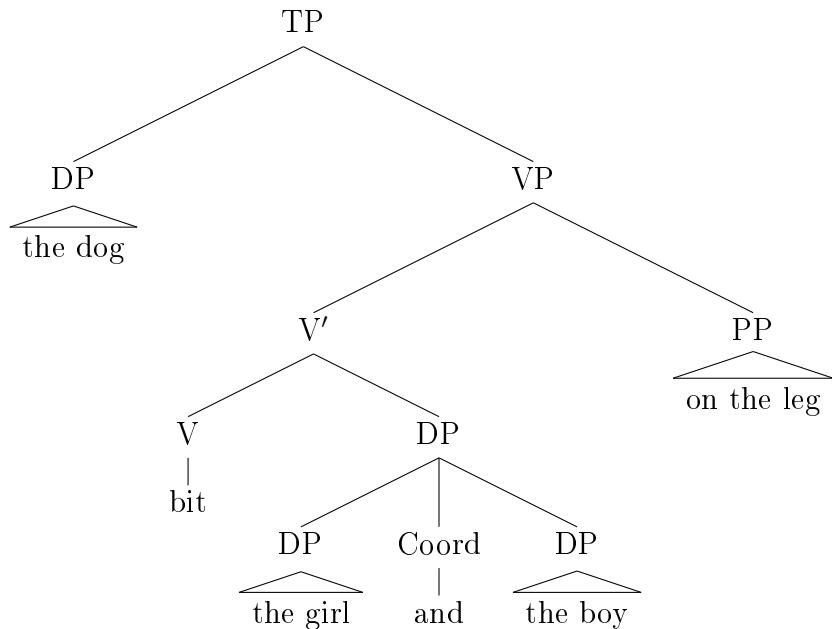
**Stimuli de type coordination** L’ambigüité temporelle de ces stimuli portait sur la coordination, qui soit liait deux syntagmes nominaux comme objets du premier verbe, soit introduisait une nouvelle proposition dont le deuxième syntagme nominal était le sujet (voir Exemple 40 et Arbre 41).

- (40) a. (Coordination dans le NP) *The dog bit the girl and the boy on the leg.*
- b. (Coordination entre propositions) *The dog bit the girl and the boy started to cry.*

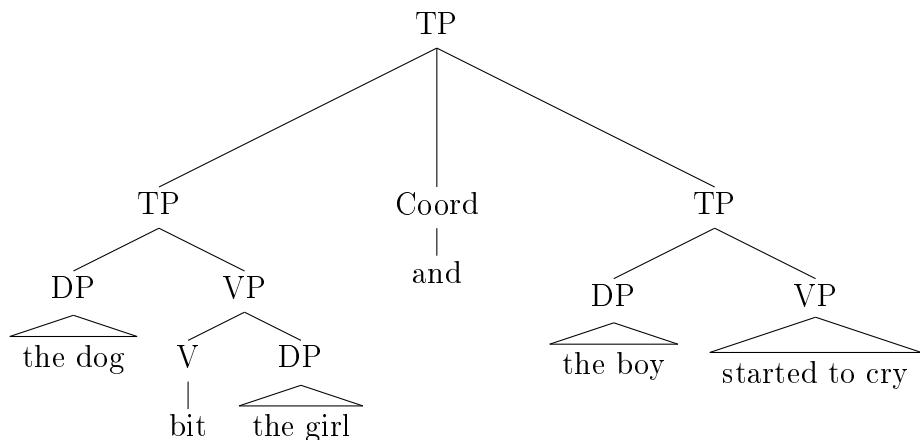
30 phrases de chaque condition étaient présentées à chaque session d’entraînement. Tous ces stimuli étaient au passé.



(41) a.



b.



#### 10.2.4 Entrainement implicite

L’entraînement implicite reposait sur l’exposition à la mélodie des phrases critiques sans contenu linguistique, et donc *sans les mots*. Des mélodies correspondant à l’intonation des stimuli critiques ont donc été resynthétisées pour être présentées dans cette partie. La méthode décrite dans Patel *et al.* (1998b) a été suivie et réalisée avec le logiciel Praat. Les fichiers sons desquels le f0 a été extrait étaient les stimuli critiques présentés pendant l’expérience. Tout d’abord, toutes les syllabes de chaque stimulus ont été marquées dans un fichier .TextGrid. Pour chacune d’entre elles, les données suivantes ont été extraites automatiquement : durée de la syllabe, f0 maximum, f0 minimum, f0 médian. Ces données ont ensuite servi à synthétiser une séquence de tons purs correspondant à chaque stimulus : chaque syllabe corres-

pondait à un ton ayant la même durée que la syllabe initiale et pour fréquence son  $f_0$  médian. Un fondu d'entrée et de sortie de 15 ms a été ajouté à chaque syllabe. Comme dans Patel *et al.* (1998b), les séquences entendues n'ont pas été modifiées pour correspondre à l'échelle tonale musicale. Cet entraînement contenait autant de stimuli que l'entraînement explicite, soit 132 séquences de tons par session.

### 10.2.5 Post-test en ligne

20 stimuli critiques (10 de chaque condition A et B) ont été sélectionnés au hasard pour le post-test tardif. Seule la première partie de ces stimuli a été présentée (jusqu'au point de *cross-splicing*) dans un ordre pseudo-aléatoire selon les mêmes contraintes que celles suivies pour l'expérience (voir 10.2.6.3, p. 270).

## 10.2.6 Préparation des stimuli

### 10.2.6.1 Préparation acoustique

Tous les stimuli ont été enregistrés dans une salle insonorisée par une locutrice native de l'anglais originaire de Washington D.C., USA, avec un micro AKG Perception 120. Le logiciel ROCme! (Ferragne *et al.*, 2012) a été utilisé. Les stimuli ont été convertis au format PCM mono avec un taux d'échantillonnage de 44.1 kHz et une résolution de 16 bits. Leur intensité a été normalisée à 70 dB SPL à l'aide du logiciel Praat (Boersma et Weenink, 2015). Un silence de 50 ms a été ajouté au début et à la fin de chaque stimulus.

### 10.2.6.2 Cross-splicing

Suivant Nickels *et al.* (2013); Pakulak et Neville (2010) et Nickels et Steinhauer (2018), les stimuli des conditions critiques ont été segmentés au niveau du déterminant du deuxième syntagme nominal. Le début de chacune des conditions a été ensuite recombiné avec la fin de l'autre afin de créer les deux nouvelles conditions contenant des incongruités prosodiques. L'avantage de cette méthode est que chaque condition de violation a une contrepartie contrôle correcte acoustiquement identique. Les potentiels évoqués sont donc directement comparables. Pour les distracteurs, deux constituants (un nom et un verbe) ont été échangés dans chaque phrase afin de créer une condition incorrecte correspondante, contenant donc une violation de structure syntaxique avec un verbe suivant le déterminant « *The* » et une violation prosodique. Cet échange a également été réalisé par *cross-splicing*. Les stimuli ont ensuite été convertis au format stéréo.

### 10.2.6.3 Préparation pour la présentation

Les stimuli critiques ont été marqués pour la synchronisation avec le signal EEG à l'aide du logiciel Praat, aux mêmes points que Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018) : au début de chacun des constituants identifiés dans le Tableau 10.5.

| Condition | 1  | 2       | 3          | 4 | 5   | 6     | 7 | 8           | 9         |
|-----------|----|---------|------------|---|-----|-------|---|-------------|-----------|
| A (RP)    | As | the man | is hunting | # | the | ducks |   |             | fly away. |
| B (RT)    | As | the man | is hunting |   | the | ducks | # | the pigeons | fly away. |
| C (A1-B2) | As | the man | is hunting | # | the | ducks | # | the pigeons | fly away. |
| D (B1-A2) | As | the man | is hunting |   | the | ducks |   |             | fly away. |

TABLEAU 10.5 – Exemple de stimuli correspondant à chaque condition critique et points de synchronisation

Les stimuli ont été séparés en deux versions, A et B, pour le pré-test et le post-test. Lorsqu'un même nom apparaissait dans plusieurs stimuli, ceux-ci ont été répartis dans les deux versions. Pour chaque version, 8 listes de pseudo-randomisations de quatre blocs ont été créées avec les contraintes suivantes :

1. Deux phrases de la même condition ne pouvaient pas se suivre.
2. Chaque phrase étant déclinée en 4 versions, celles-ci étaient réparties dans les 4 blocs de l'expérience.
3. Pas plus de deux stimuli incorrects n'apparaissaient à la suite.
4. Au maximum trois stimuli corrects pouvaient se suivre.

La moitié des participants a entendu les stimuli de la version A lors du pré-test et de la version B lors du post-test, et inversement.

## 10.3 Procédure

Le déroulement général de l'expérience était le suivant. Les participants francophones venaient pour deux sessions expérimentales séparées de 6 à 8 nuits, 7 nuits pour la majorité d'entre eux. Ils remplissaient préalablement le questionnaire préliminaire en ligne. Lors de la première séance, ils signaient un formulaire de consentement éclairé, puis prenait part à la session d'enregistrement EEG. Après une courte pause, ils complétaient la première séance d'entraînement. Lors de la deuxième séance, ils réalisaient d'abord la tâche d'entraînement puis la tâche expérimentale. Chaque session durait environ trois heures. Une semaine plus tard, ils complétaient le post-test en ligne.

Les locuteurs natifs ne venaient que pour une seule séance d'environ deux heures, qui comprenait uniquement la tâche en EEG. Avant cela, ils remplissaient le questionnaire et signaient le formulaire de consentement.

### 10.3.1 Questionnaire initial

#### 10.3.1.1 Test de niveau

Le questionnaire initial comprenait une partie destinée à évaluer le niveau des participants. La première section était une compréhension orale. Les participants devaient visionner un court document vidéo sur les effets néfastes du bisphénol A, et répondre à une série de questions visant à vérifier (1) leur compréhension globale et détaillée du document et (2) leur capacité à comprendre certains termes précis. Les participants devaient ensuite rédiger un court résumé de la vidéo afin d'évaluer leurs compétences rédactionnelles. La deuxième partie constituait en un test de connaissances grammaticales explicites : les participants devaient compléter des phrases à trous issues de la tâche d'évaluation des connaissances explicites de l'Expérience 1 (voir Chapitre 6, Section 6.2.3.2, p. 143).

#### 10.3.1.2 Métadonnées

Le même questionnaire que celui utilisé dans l'Expérience 1 a été rempli par les participants (voir Chapitre 6, Section 6.3.1.1 p. 146 et Annexe B p. 419). Une version simplifiée du questionnaire utilisé dans l'Expérience 1 a été rempli par les locuteurs natifs (voir Chapitre 6, Section 6.3.1.1 p. 146 et C p. 425).

### 10.3.2 Expérience EEG

Durant l'expérience, les participants étaient installés dans une salle insonorisée. Les stimuli étaient diffusés dans des écouteurs Sennheiser CX 1.00 avec une impédance de  $28\Omega$  et une pression sonore maximale de 119 dBA. L'expérience a été programmée avec la toolbox Psychtoolbox-3 (Brainard, 1997; Kleiner *et al.*, 2007) pour le logiciel MATLAB (version R2016b).

Le procédure de l'expérience est décrite sur la Figure 10.6. Un point de fixation apparaissait à l'écran pendant 500 ms et restait visible durant l'écoute du stimulus audio, puis 500 ms après la fin de celui-ci. Un écran invitait ensuite les participants à juger si la phrase leur paraissait naturelle. La phrase « *Does this sentence sound natural?* » apparaissait en haut de l'écran, accompagnée des mots « Yes » ou « No ». L'ordre latéral des deux options de réponse a été contrebalancé. Les participants disposaient de 3000 ms à partir de l'apparition de cet écran pour répondre, mais avaient pour instruction de réagir rapidement et instinctivement. Ils répondaient grâce aux

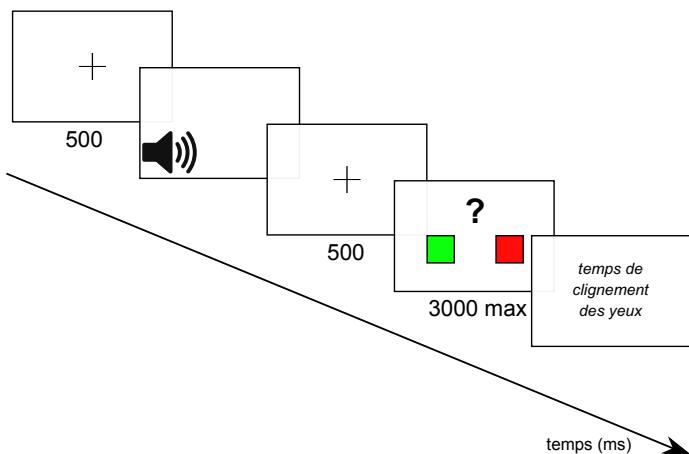


FIGURE 10.6 – Procédure de présentation des stimuli pendant l’enregistrement du signal EEG

flèches du clavier. Dès que le participant avait appuyé sur une des touches de réponse, cet écran disparaissait. Ensuite, les participants pouvaient cligner des yeux pendant le temps qu’ils souhaitaient avant de poursuivre l’expérience. L’ajout de cet intervalle libre de clignement a rallongé la durée de l’expérience mais a considérablement réduit les artefacts oculaires dans les données récoltées.

L’expérience était divisée en quatre blocs séparés par une pause. Chaque bloc contenait autant de stimuli critiques que de distracteurs selon la répartition présentée plus haut. Avant le début de l’expérience, les consignes étaient présentées en anglais et suivies d’un court entraînement de cinq phrases permettant au participant de se familiariser avec la procédure et les boutons de réponse. Cette tâche durait en moyenne 52 minutes chez les participants francophones (étendue : 37-69 min) et 45 minutes chez les locuteurs natifs (étendue : 35-60 min).

### 10.3.3 Entrainement

Les deux types d’entraînement suivaient une procédure similaire, le principal point de différence étant les stimuli utilisés. L’entraînement a été programmé avec Psychtoolbox-3 dans MATLAB. Les participants entendaient la première partie du stimulus (s’arrêtant au niveau du *cross-splicing* dans l’expérience ou à un point équivalent). Ils devaient ensuite choisir la fin appropriée de la phrase parmi deux propositions correspondant à la deuxième partie des phrases des deux condi-

tions A et B. Tous les stimuli étaient présentés uniquement de manière auditive. Les participants pouvaient réécouter chaque segment autant de fois qu'ils le souhaitaient et recevaient un feedback immédiat de type « Correct / Incorrect » accompagné d'une écoute de la version correcte de la phrase. Les participants du groupe Explicite lisait d'abord une petite explication métalinguistique sur l'utilisation de la prosodie pour désambigüiser des phrases. Pour les participants du groupe Implicit, les segments de phrase étaient les séquences de tons purs extraits d'après les stimuli originaux comme expliqué plus haut (voir 10.2.4, p. 268). Le choix de la deuxième partie ne pouvait pas se faire sur la sémantique mais uniquement sur la mélodie. La règle était en réalité très simple : comme dans les stimuli critiques, il y avait une frontière prosodique — réalisée principalement par une pause et une baisse du **f0** sur la dernière syllabe la précédant — soit dans la première soit dans la deuxième partie, mais obligatoirement dans une et une seule des deux parties de la phrase.

L'entraînement durait environ 31 min (étendue : 23-41 min) pour les participants du groupe Explicite et environ 38 min (étendue : 26-49 min) pour les participants du groupe Implicit.

#### 10.3.4 Post-test en ligne

Le post-test en ligne a été administré via l'outil **soscisurvey**. Les participants entendaient le début d'une phrase, comme lors de l'entraînement, et devaient compléter cette phrase. Aucune suggestion n'était fournie : les participants étaient libres de fournir la réponse qu'ils souhaitaient.

### 10.4 Acquisition des données EEG

L'enregistrement des données **EEG** a été effectué avec le système Brain Vision actiCHamp à 64 électrodes placées aux positions suivantes : Fp1, Fp2, AF7, AF3, AFz, AF4, AF8, F7, F5, F3, F1, Fz, F2, F4, F6, F8, FT9, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, FT8, FT10, T7, C5, C3, C1, Cz, C2, C4, C6, T8, TP9, TP7, CP5, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, CP6, TP8, TP10, P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO7, PO3, POz, PO4, PO8, Oz (voir Figure 10.7).

Deux électrodes ont été placées au dessus et au-dessous de l'œil gauche pour relever les mouvements oculaires verticaux. Les mouvements oculaires horizontaux étaient captés grâce aux électrodes FT9 et FT10. L'enregistrement était référencé à la moyenne des électrodes puis re-référencé à la moyenne des mastoïdes pour les analyses. L'impédance des électrodes était maintenu en-dessous de 16 kΩ et le signal était échantillonné à 1000 Hz.

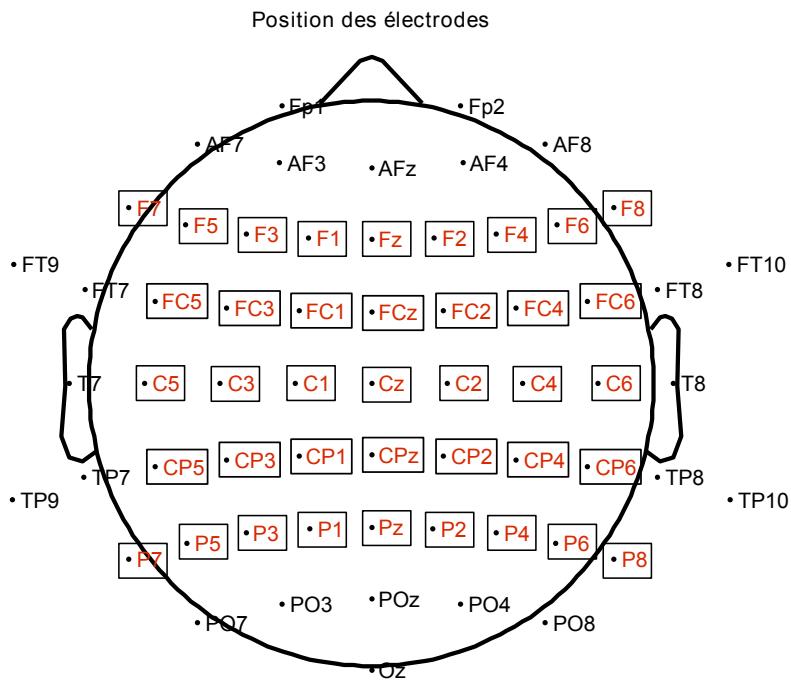


FIGURE 10.7 – Position des électrodes pour le système actiCHamp à 64 électrodes (les électrodes encadrées ont été incluses dans les analyses)

## 10.5 Analyses

### 10.5.1 Évaluation du niveau

#### 10.5.1.1 Compréhension orale

La réponse à chaque question a été notée sur 1. Le total de bonnes réponses a été divisé par le nombre de questions, produisant un score sur un point pour tous les participants.

#### 10.5.1.2 Jugement métalinguistique

Chaque erreur a été annotée selon le type d'erreur, en suivant une notation adaptée du langage .chat (MacWhinney, 2000). Le nombre d'erreurs sur cette tâche a ensuite été divisé par le nombre de phrases à compléter et soustrait de 1, afin d'avoir un score allant dans la même direction que pour la compréhension orale : un score plus haut indique une meilleure réussite à cette tâche.

|             |                    | Classification           |
|-------------|--------------------|--------------------------|
|             | Naturelle          | Non Naturelle            |
| Condition B | <i>Hit</i>         | <i>Miss</i>              |
| Condition C | <i>False Alarm</i> | <i>Correct rejection</i> |

TABLEAU 10.6 – Catégorisation des réponses selon la théorie de la détection du signal

### 10.5.2 Réponses comportementales

Les stimuli pour lesquels il n'y avait pas de réponse comportementale fiable (temps de réponse  $>3$  s ou  $<100$  ms) ont été considérés comme des données manquantes. Les réponses au jugement d'acceptabilité ont été catégorisées selon la théorie de la détection du signal (Tanner *et al.*, 1954) en *Hit*, *Miss*, *Correct Rejection* et *False Alarm*. Suivant Nickels et Steinhauer (2018) un indice de sensibilité ( $d'$ ) a été calculé uniquement pour les phrases des conditions B et C, soit la condition la plus rejetée (condition C) et sa contrepartie correcte (voir Table 10.6). Le pourcentage de phrases classées comme naturelles a également été calculé pour chaque sujet par Condition et par Session.

### 10.5.3 EEG

#### 10.5.3.1 Pré-traitement

Toutes les étapes de traitement des données EEG ont été réalisées dans le logiciel MATLAB version R2011b avec les modules EEGLAB (Delorme et Makeig, 2004) et ERPLAB (Lopez-Calderón et Luck, 2014). Les données EEG ont été filtrées entre 0.1 et 30 Hz. Des époques allant de  $-500$  ms à 1500 ms autour de chaque point critique (voir 10.2.6.3 p. 270) ont été extraites du signal continu, avec correction du signal selon la ligne de base entre  $-500$  et 0 ms. Une décomposition en composantes indépendantes (ICA) a été réalisée dans EEGLAB avec l'algorithme `runica`. Les artefacts oculaires ont été identifiés parmi ces composantes et rejetés du signal. Le rejet des artefacts a ensuite été réalisé selon la procédure suivante :

1. Un seuil de tension simple (*Single Voltage Threshold*) a été appliqué sur tous les canaux de  $-75$  à  $75 \mu\text{V}$  : les époques dans lesquelles le signal était inférieur à  $-75 \mu\text{V}$  ou supérieur à  $75 \mu\text{V}$  étaient rejetées.
2. La détection avec une fenêtre mobile de pic en pic (*Moving Peak to Peak Window*) d'une largeur de 500 ms avec un pas de 50 ms a été appliquée sur les 64 électrodes avec un seuil de  $50 \mu\text{V}$  à  $70 \mu\text{V}$ , adapté selon les participants afin de détecter les artefacts réels.

3. Les performances de la détection automatique ont été vérifiées avec une inspection visuelle, mais aucun rejet manuel n'a été effectué

Les signaux ont ensuite été moyennés par condition et re-référencés à la moyenne des mastoïdes pour les analyses.

#### 10.5.3.2 Régions d'intérêt

Les électrodes ont été classées en 9 régions d'intérêt pour les analyses selon la région (Antérieure, Centrale, Postérieure) et la latéralité (Gauche, Centre, Droite). Les électrodes incluses dans chaque région d'intérêt sont détaillées dans la Table 10.7.

| Région                              | Antérieure                               | Centrale       | Postérieure                              |
|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------|------------------------------------------|
| <b>Electrodes centrales</b>         | Fz, FCz                                  | Cz             | CPz, Pz                                  |
| <b>Electrodes latérales gauches</b> | F1, F3, F5, F7,<br>FC1, FC5, FC7         | C1, C3, C5, C7 | CP1, CP3, CP5,<br>P1, P3, P5, P7         |
| <b>Electrodes latérales droites</b> | F2, F4, F6, F8,<br>FC2, FC4, FC6,<br>FC8 | C2, C4, C6, C8 | CP2, CP4, CP6,<br>CP8, P2, P4, P6,<br>P8 |

TABLEAU 10.7 – Régions d'intérêt pour l'Expérience 2

#### 10.5.3.3 Fenêtres d'intérêt

Les fenêtres d'intérêt ont été identifiées d'après la littérature existante sur la question. Elles dépendaient des conditions :

- *Closure Positive Shift* : 0-600 ms après le début de la pause
- Résolution précoce : conditions A vs. D
  - P600 précoce : 400-750 ms après le point critique
  - P600 : 750-1300 ms après le point critique
- Résolution tardive : conditions B vs. C
  - N400 : 200-650 ms après le point critique
  - P600 : 700-1300 ms après le point critique

#### 10.5.4 Analyses statistiques

Les analyses ont été réalisées à l'aide de modèles linéaires à effets mixtes, suivant la procédure détaillée dans le Chapitre 6 Section 6.5.3.4 (p. 159). Par souci de lisibilité, seuls les effets fixes inclus dans les modèles sont rapportés dans le texte : la structure des effets aléatoires de chaque modèle est visible dans l'Annexe en ligne

**Modèles complets de l’Expérience 2.** Afin de réduire la complexité des modèles pour leur permettre de converger, des modèles différents ont été calculés pour chaque Région d’analyse (Antérieure, Centrale et Postérieure). Cette procédure avait également été adoptée par [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#).

L’analyse de certaines données comportementales (données binaires de type Exactitude) a nécessité le recours à des régressions logistiques à effets mixtes. Comme pour l’Expérience 1, celles-ci ont été réalisées avec la fonction `glmer` du package `lme4` (voir Section 6.5.3.4 p. 159).

#### 10.5.4.1 Intégration du facteur Compétence dans les modèles

**Locuteurs natifs** Suivant [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#), la compétence spécifique à la structure a été incluse comme facteur explicatif dans les modèles linéaires mixtes, sous la forme du  $d'$  pour la discrimination des phrases des conditions C et B (frontière superflue et son contrôle, respectivement). Or, un test d’unimodalité de Hartigan ([Hartigan et Hartigan, 1985; Hartigan, 1985](#)) réalisé sur cette variable avec le package `diptest` pour R ([Maechler, 2015](#)) a montré que la distribution de la variable  $d'$  n’était pas unimodale ( $D=0.13$ ,  $p<.0001$ ), comme on peut le voir sur la Figure 10.8. La méthode de [Trang et al. \(2015\)](#) décrite par [Choisy \(2015\)](#) (R, package `cutoff`)

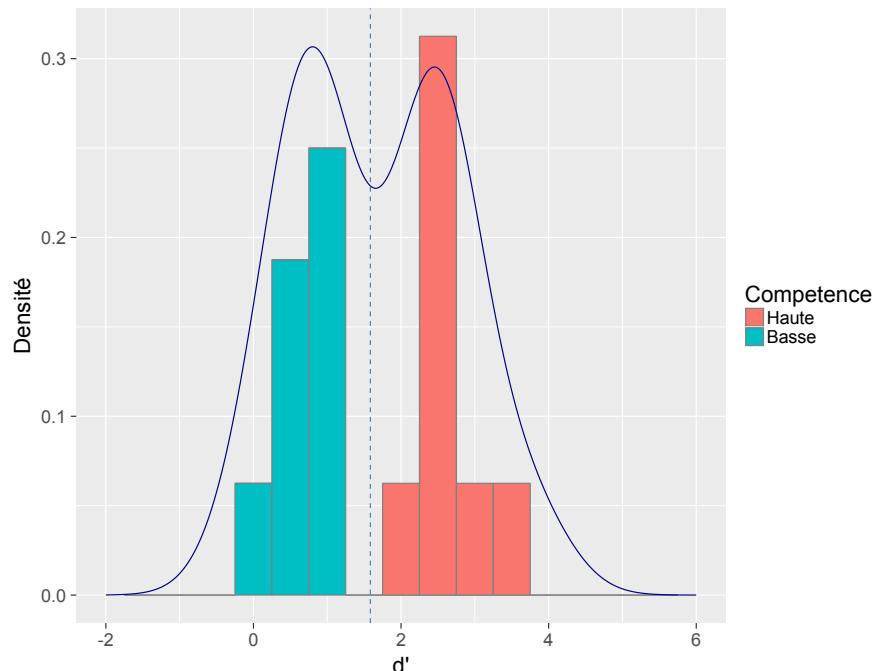


FIGURE 10.8 – Distribution du  $d'$  chez les locuteurs anglophones

a été utilisée pour déterminer la meilleure valeur limite pour séparer les locuteurs

natifs en deux groupes de compétence. Cette valeur est représentée par la ligne verticale sur la Figure 10.8. Les anglophones ont donc été répartis en deux groupes de Compétence (Haute/Basse) selon que leur  $d'$  était inférieur ou supérieur à la valeur limite. Le nombre de locuteurs dans chaque groupe de compétence était identique ( $n=8$ ).

**Apprenants** Pour les apprenants, le test de Hartigan n'a pas montré que la distribution du  $d'$  était multimodale ( $p>.1$ ). Une classification automatique avec la méthode des centres mobiles (procédure `kmeans` du package `stats`) a été utilisée pour répartir les participants en deux groupes de compétence. Le  $d'$  des participants n'évoluant pas de manière uniforme après les entraînements, la classification a été réalisée séparément pour chaque Session de test. Les groupes de compétence n'étaient donc pas nécessairement composés des mêmes participants au pré- et au post-test. La distribution des  $d'$  par Session et les groupes réalisés sont visibles sur la Figure 10.9. La moyenne de  $d'$  par groupe ainsi que le nombre de participants par groupe de compétence sont rapportés dans le Tableau 10.8.

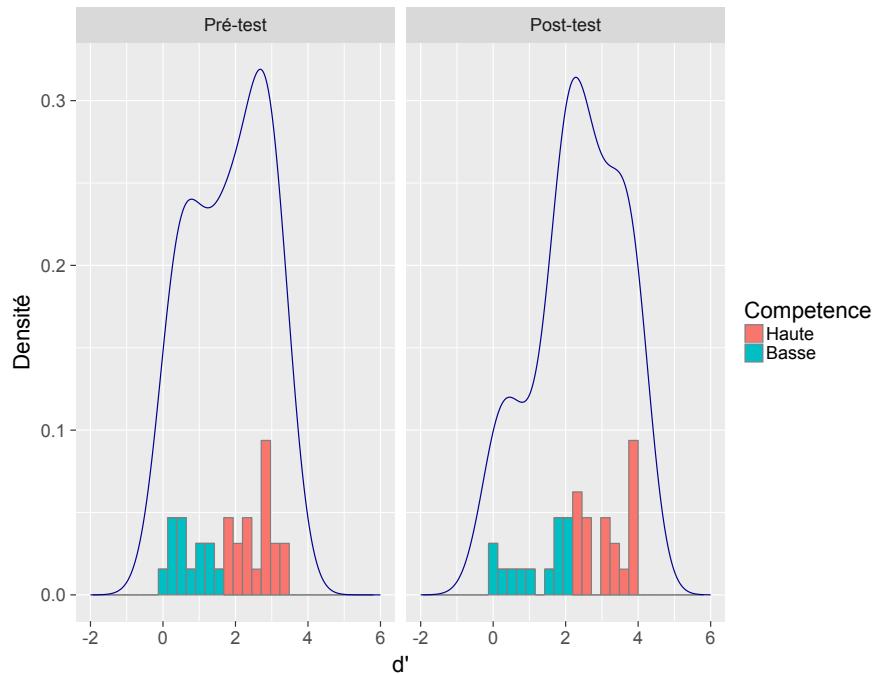


FIGURE 10.9 – Distribution du  $d'$  chez les apprenants par Session

|           | <b>Compétence</b> | <b>n</b> | <b>d'</b> |
|-----------|-------------------|----------|-----------|
| Pré-test  | Haute             | 19       | 2.60      |
|           | Basse             | 13       | 0.71      |
| Post-test | Haute             | 19       | 3.37      |
|           | Basse             | 13       | 1.46      |

TABLEAU 10.8 – Nombre de participants et  $d'$  moyen par groupe de compétence pour les apprenants

#### 10.5.4.2 Comparaison des Apprenants avec les locuteurs Natifs

Afin d'examiner l'existence de différences quantitatives dans les réponses en potentiels évoqués observées entre locuteurs natifs de l'anglais et apprenants, des analyses ont été menées sur la différence entre les deux conditions pertinentes pour chacun des cas examinés. Le facteur Session comportant deux niveaux pour les apprenants mais un seul pour les natifs, la comparaison entre les groupes ne pouvait pas être réalisée dans un seul modèle général : un modèle différent pour chaque Session a donc été calculé.

#### 10.5.4.3 Taille des effets

Conformément aux recommandations récentes dans le domaine de l'acquisition des langues secondes ([Norris et al., 2015](#)), les tailles des effets significatifs ont été calculées selon les mesures détaillées dans le Chapitre 6, Section 6.5.3.7 (p. 162).



# Chapitre 11

## Résultats

### Sommaire

---

|             |                                             |            |
|-------------|---------------------------------------------|------------|
| <b>11.1</b> | <b>Données comportementales</b>             | <b>281</b> |
| 11.1.1      | Tests de compétence                         | 281        |
| 11.1.2      | Jugement d'acceptabilité – Classement       | 282        |
| 11.1.3      | Jugement d'acceptabilité – Temps de réponse | 286        |
| 11.1.4      | Entrainements                               | 290        |
| 11.1.5      | Questionnaire post-test à J+7               | 291        |
| <b>11.2</b> | <b>Potentiels évoqués</b>                   | <b>292</b> |
| 11.2.1      | Effets de frontières                        | 292        |
| 11.2.2      | Effets de <i>garden-path</i>                | 307        |
| 11.2.3      | Analyse des distracteurs                    | 326        |

---

### 11.1 Données comportementales

#### 11.1.1 Tests de compétence

Les apprenants ont plutôt bien réussi le test de compréhension orale ( $M=82\%$ ,  $ET=13\%$ , étendue : 50-100 %). Ils ont également été plutôt performants sur le test de connaissances explicites ( $M=87\%$ ,  $ET=8\%$ , étendue : 64-100 %). Une corrélation positive marginalement significative a été observée entre le score sur le test de connaissances explicites et la tâche de compréhension orale ( $t(30)=2.00$ ,  $p=.054$ ,  $r=0.34$ ) : les participants ayant de meilleures connaissances déclaratives de la grammaire étaient également les plus performants en compréhension orale.

| Condition | Structure | Prosodie | Phrases acceptées (%) |
|-----------|-----------|----------|-----------------------|
| A         | RP        | C        | 90.27 (6.91)          |
| D         | RP        | I        | 62.28 (27.09)         |
| B         | RT        | C        | 90.09 (6.47)          |
| C         | RT        | I        | 42.92 (36.09)         |

TABLEAU 11.1 – Pourcentage moyen de phrases acceptées par les locuteurs natifs par Structure syntaxique (Résolution Précoce / Tardive) et Prosodie (Congruente / Incongruente) (Écart-type entre parenthèses)

### 11.1.2 Jugement d'acceptabilité – Classement

**Natifs** Les pourcentages de stimuli acceptés par Condition sont rapportés dans le Tableau 11.1. On peut observer que la variabilité est bien plus grande pour les phrases dont la prosodie n'était pas congruente avec la syntaxe que pour les stimuli des conditions contrôles.

L'analyse de la probabilité pour les locuteurs natifs de classer une phrase comme Naturelle en fonction de sa Condition (Modèle 1<sup>46</sup>) a révélé un effet principal de la Condition ( $\chi^2(3)=345.55$ ,  $p<.0001$ ,  $R^2_c$ <sup>47</sup>=0.60) (voir Figure 11.1). Les phrases des deux conditions contrôle étaient davantage acceptées que celles des deux conditions Incorrectes ( $RC_{A-C}^{48}=29.27$ ,  $ES^{49}=6.35$ ,  $z=15.57$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{A-D}=9.37$ ,  $ES=1.94$ ,  $z=10.83$ ,  $p=.0004$ ;  $RC_{B-C}=28.51$ ,  $ES=6.13$ ,  $z=15.60$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{B-D}=9.13$ ,  $ES=1.87$ ,  $z=10.79$ ,  $p<.0001$ ). D'autre part, les phrases de la condition D (résolution précoce incongruente) étaient plus acceptées que celles de la condition C (résolution tardive incongruente) ( $RC_{C-D}=0.32$ <sup>50</sup>,  $ES=0.05$ ,  $z=-6.64$ ,  $p=<.0001$ ).

Ces résultats sont cohérents avec l'hypothèse de la suppression de la frontière (la suppression d'une frontière prosodique est plus acceptable que l'ajout d'une frontière superflue) et avec ce qui a été observé dans plusieurs études précédentes (Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011).

46. La numérotation renvoie à celle utilisée dans l'Annexe en ligne [Modèles complets de l'Expérience 2](#) dans laquelle les modèles complets sont rapportés, accessible à l'adresse suivante : [https://github.com/maudPE90/These/blob/master/Annexes\\_ModelesExpe2.pdf](https://github.com/maudPE90/These/blob/master/Annexes_ModelesExpe2.pdf).

47.  $R^2$  conditionnel, interprété comme la variance expliquée par à la fois les effets fixes et aléatoires, c'est-à-dire par le modèle dans son intégralité.

48. Rapport de Cotes. Par exemple, ici une phrase de la condition A avait 29.27 fois plus de chances d'être classée Naturelle qu'une phrase de la condition C.

49. ES : Erreur Standard.

50. Une phrase de la condition D avait donc  $1/0.32=3.13$  fois plus de chances d'être classée comme Naturelle par les natifs.

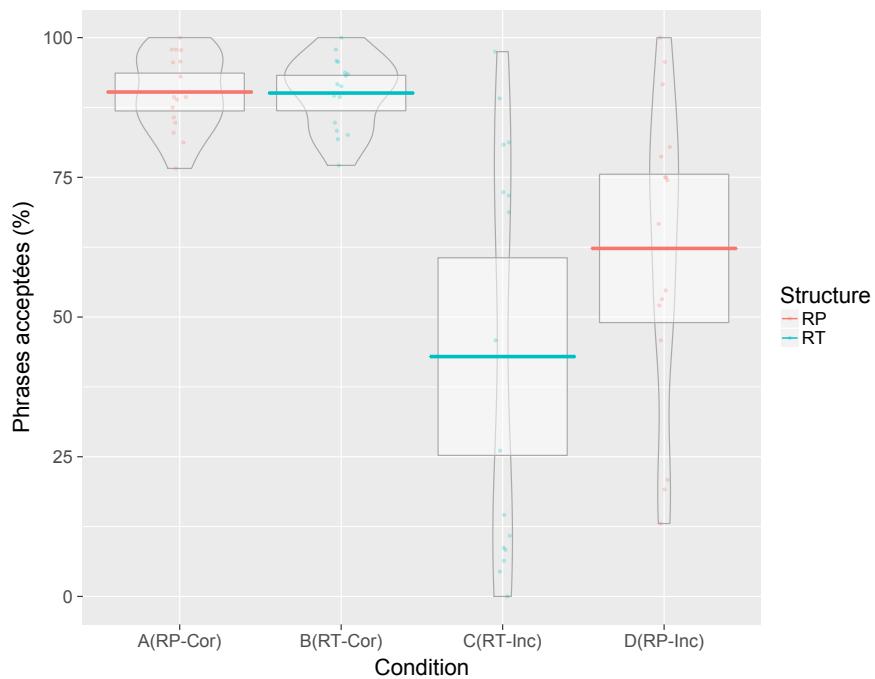


FIGURE 11.1 – Proportion de phrases classées comme naturelle par Condition (RP : Résolution Précoce, RT : Résolution Tardive, Cor : prosodie Congruente, Inc : prosodie Incongruente)

**Apprenants** Les pourcentages de stimuli acceptés comme naturels par Condition et par Session sont rapportés dans le Tableau 11.2. La variabilité était plus grande que chez les natifs pour les phrases correctes mais équivalente voire inférieure sur les phrases pour lesquelles la prosodie n'était pas congruente avec la syntaxe. Le modèle appliqué aux données comportait comme effets fixes intra-sujets la Condition et la Session de test et comme effet inter-sujets le Groupe (Modèle 2).

Le plus grand effet observé sur le pourcentage d'acceptation des phrases était une interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Groupe ( $\chi^2(3)=14.99$ ,  $p=.002$ ,  $R^2c=0.59$ ). Au pré-test comme au post-test, pour les deux groupes, les phrases des conditions A et B étaient acceptées à un niveau équivalent ; en revanche elles étaient toutes les deux plus acceptées que les phrases des conditions C et D (voir Tableau 11.3 et Figure 11.2). Les phrases de la condition D (RP incongruente : frontière prosodique manquante) étaient elles aussi davantage acceptées que les phrases de la condition C (RT avec prosodie incongruente : frontière prosodique superflue). Cela correspond à ce qui a été trouvé dans plusieurs études précédentes (Nickels *et al.*, 2013; Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011) ainsi que ce qui a été observé chez les locuteurs natifs.

Les analyses par Condition montrent que, pour les conditions A et B, l'effet

| <b>Cond.</b> | <b>Struct.</b> | <b>Pros.</b> | <b>Pré-test</b>              | <b>Post-test</b>             |
|--------------|----------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
|              |                |              | <b>Phrases acceptées (%)</b> | <b>Phrases acceptées (%)</b> |
| A            | RP             | C            | 86.73 (15.33)                | 91.01 (15.15)                |
| D            | RP             | I            | 62.58 (24.10)                | 65.96 (24.77)                |
| B            | RT             | C            | 87.97 (15.55)                | 92.28 (14.16)                |
| C            | RT             | I            | 37.24 (28.16)                | 30.73 (27.87)                |

TABLEAU 11.2 – Pourcentage moyen de stimuli classés comme naturels par Condition et par Session (Cond. : Condition, Struct. : Structure, Pros. : Prosodie (C : Congruente, I : Incongruente), Écart type entre parenthèses)

de Session était significatif pour le groupe Explicite ( $RC_{A,s1-A,s2}=0.30$ ,  $ES=0.09$ ,  $z=-4.14$ ,  $p=.0002$ ;  $RC_{B,s1-B,s2}=0.26$ ,  $ES=0.08$ ,  $z=-4.39$ ,  $p=.0001$ ) et marginalement significatif pour le groupe Mélodique ( $RC_{A,s1-A,s2}=0.59$ ,  $ES=0.13$ ,  $z=-2.42$ ,  $p=.074$ ;  $RC_{B,s1-B,s2}=0.60$ ,  $ES=0.13$ ,  $z=-2.35$ ,  $p=.088$ ). De ce fait, au post-test, les participants du groupe Explicite classaient plus de phrases des conditions A et B comme naturelles que ceux du groupe Mélodique ( $RC_{A,E-A,M}=5.63$ ,  $ES=3.22$ ,  $z=3.02$ ,  $p=.013$ ;  $RC_{B,E-B,M}=6.50$ ,  $ES=3.76$ ,  $z=3.23$ ,  $p=.007$ ). En revanche, seuls les participants du groupe Explicite rejetaient plus de phrases de la condition C au post-test qu’au pré-test ( $RC_{C,s1-C,s2}=1.93$ ,  $ES=0.38$ ,  $z=3.36$ ,  $p=.004$ ). Il n’y avait pas d’évolution du classement des stimuli de la condition D.

Les phrases des conditions clairement classées comme correctes ou incorrectes (A et B d’une part, C de l’autre) suivaient donc une évolution congruente à l’évolution de la compétence de l’apprenant : les participants parvenaient mieux à réaliser la tâche au post-test. Cependant, cette amélioration était plus particulièrement visible pour le groupe suivant un entraînement explicite.

Suivant Nickels et Steinhauer (2018), un indice de sensibilité ( $d'$ ) a été calculé uniquement sur les phrases des conditions B et C, puisque D ne pouvait pas être considérée comme une violation claire. Une analyse en modèle linéaire à effets mixtes sur ce  $d'$  avec comme effets fixes la Session et le Groupe (Modèle 3) a révélé un effet principal de la Session ( $F(1,30)=16.48$ ,  $p=.0003$ ,  $\eta_p^2=0.35$ ). Les participants avaient un meilleur  $d'$  lors du post-test que lors du pré-test ( $Moyenne_{s2-s1}=0.53$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(30)=4.06$ ,  $d=0.47$ ;  $M_{s1}=1.83$ ,  $ET_{s1}=1.07$ ;  $M_{s2}=2.36$ ,  $ET_{s2}=1.20$ ).

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** Il n’y avait pas d’effet de Groupe sur le  $d'$ <sup>51</sup>, que ce soit lors du pré-test ou lors du post-test ( $p>1$ ).

51. Le  $d'$  a été calculé uniquement sur les réponses aux phrases des conditions B et C.

| Session   | Groupe    | Condition | RC     | ES    | <i>z</i> | <i>p</i> |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|----------|----------|
| Pré-test  | Explicite | A-C       | 29.32  | 5.46  | 18.14    | <.0001   |
|           |           | A-D       | 6.94   | 1.25  | 10.74    | <.0001   |
|           |           | B-C       | 32.16  | 6.10  | 18.30    | <.0001   |
|           |           | B-D       | 7.61   | 1.40  | 11.05    | <.0001   |
|           |           | C-D       | 0.24   | 0.04  | -9.53    | <.0001   |
|           | Mélodique | A-C       | 13.55  | 2.17  | 16.30    | <.0001   |
|           |           | A-D       | 4.00   | 0.63  | 8.87     | <.0001   |
|           |           | B-C       | 14.80  | 2.41  | 16.53    | <.0001   |
|           |           | B-D       | 4.37   | 0.70  | 9.24     | <.0001   |
|           |           | C-D       | 0.30   | 0.04  | -8.43    | <.0001   |
| Post-test | Explicite | A-C       | 187.67 | 48.99 | 20.05    | <.0001   |
|           |           | A-D       | 19.52  | 4.81  | 12.07    | <.0001   |
|           |           | B-C       | 235.31 | 64.73 | 19.85    | <.0001   |
|           |           | B-D       | 24.47  | 6.37  | 12.27    | <.0001   |
|           |           | C-D       | 0.10   | 0.02  | -13.30   | <.0001   |
|           | Mélodique | A-C       | 29.05  | 5.28  | 18.57    | <.0001   |
|           |           | A-D       | 5.05   | 0.88  | 9.32     | <.0001   |
|           |           | B-C       | 31.58  | 5.81  | 18.79    | <.0001   |
|           |           | B-D       | 5.49   | 0.97  | 9.66     | <.0001   |
|           |           | C-D       | 0.17   | 0.03  | -11.31   | <.0001   |

TABLEAU 11.3 – Estimation moyenne du rapport de cotes pour le classement des stimuli comme naturels en fonction de la Condition, de la Session et du Groupe pour les apprenants (Gp : Groupe, Cond. : Conditions, RC : Rapport de Cotes, ES : Erreur Standard)

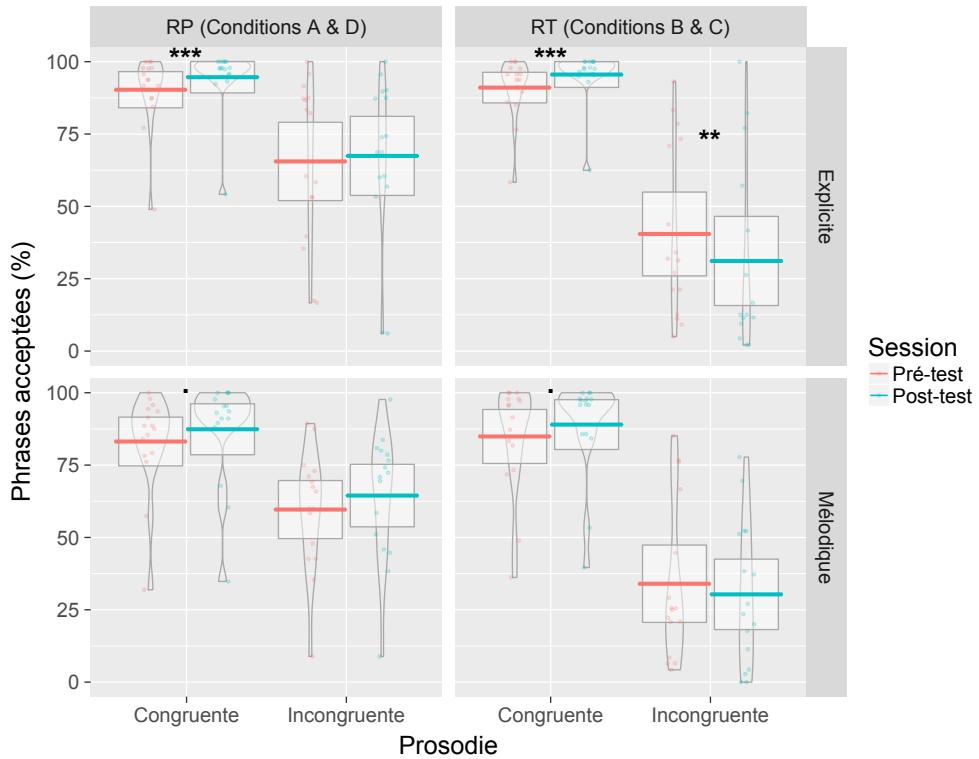


FIGURE 11.2 – Proportion de phrases classées comme Correctes par les apprenants par Groupe, Session, Structure et Prosodie (RP : Résolution Précoce, RT : Résolution Tardive; Condition A : RP-Congruente, Condition B : RT-Congruente, Condition C : RT-Incongruente, Condition D : RP-Incongruente; Code de significativité : . :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ , \*\*\* :  $p < .001$ )

### 11.1.3 Jugement d'acceptabilité – Temps de réponse

**Natifs** Les analyses ont été réalisées sur la transformation logarithmique du temps de réponse avec un modèle comprenant comme effets fixes le Classement (Naturel / Non Naturel), la Structure syntaxique (RP / RT) et la Prosodie (Congruente / Incongruente) (Modèle 4). Les temps de réponse moyens par Condition et Classement sont rapportés dans le Tableau 11.4.

L'interaction entre Classement et Prosodie était significative ( $F(1,16)=25.15$ ,  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=0.61$ ) ainsi que l'effet principal du Classement ( $F(1,16)=11.13$ ,  $p=.043$ ,  $\eta_p^2=0.42$ ) (voir aussi Figure 11.3). Les locuteurs natifs étaient plus lents pour rejeter (soit classer comme non naturelles) que pour accepter les phrases ne contenant pas d'anomalies, c'est-à-dire les phrases des conditions A et B ( $M_{Naturel,C-NonNaturel,C} = -170 \text{ ms}$ ,  $t(16)=-7.36$ ,  $p < .0001$ ,  $d=0.82$ ). Lorsqu'ils acceptaient les phrases, ils étaient plus rapides pour les stimuli ne présentant pas d'anomalies que pour ceux

| Condition | Structure | Prosodie | Classement  | Temps de réponse (ms) |
|-----------|-----------|----------|-------------|-----------------------|
| A         | RP        | Cong     | Naturel     | 519 (150)             |
|           |           |          | Non Naturel | 1125 (697)            |
| D         | RP        | Inc      | Naturel     | 661 (205)             |
|           |           |          | Non Naturel | 792 (377)             |
| B         | RT        | Cong     | Naturel     | 531 (152)             |
|           |           |          | Non Naturel | 993 (491)             |
| C         | RT        | Inc      | Naturel     | 709 (219)             |
|           |           |          | Non Naturel | 689 (457)             |

TABLEAU 11.4 – Temps de réponse moyen par Condition et réponse comportementale pour les locuteurs natifs (Cong : Congruente, Inc : Incongruente ; RP : Résolution Précoce, RT : Résolution Tardive ; l'écart-type est indiqué entre parenthèses)

| Condition | Structure | Prosodie | Classement  | Temps de réponse (ms) |
|-----------|-----------|----------|-------------|-----------------------|
| A         | RP        | Cong     | Naturel     | 478 (180)             |
|           |           |          | Non Naturel | 752 (398)             |
| D         | RP        | Inc      | Naturel     | 574 (243)             |
|           |           |          | Non Naturel | 646 (277)             |
| B         | RT        | Cong     | Naturel     | 459 (189)             |
|           |           |          | Non Naturel | 724 (376)             |
| C         | RT        | Inc      | Naturel     | 624 (264)             |
|           |           |          | Non Naturel | 474 (183)             |

TABLEAU 11.5 – Temps de réponse moyen par Condition et réponse comportementale pour les apprenants (Cong :Congruente, Inc :Incongruente ; RP : Résolution Précoce, RT : Résolution Tardive ; l'écart-type est indiqué entre parenthèses)

en contenant une ( $M_{Naturel,C-Naturel,I} = -123$  ms,  $t(17)=-3.36$ ,  $p=.004$ ,  $d=0.50$ ). Ils étaient également plus rapides pour rejeter les phrases contenant des anomalies prosodiques que celles n'en contenant pas ( $M_{NonNaturel,C-NonNaturel,I}=138$  ms,  $t(15)=4.22$ ,  $p=.0007$ ,  $d=0.42$ ). Globalement, les participants étaient donc plus rapides pour classer les phrases comme naturelles surtout si celles-ci ne contenaient pas d'anomalies. Il leur fallait plus de temps pour rejeter les phrases, surtout celles ne contenant pas d'anomalies décelables — on peut penser que dans ces cas-là, les participants ne répondraient plus vraiment de manière automatique mais étaient influencés par d'autres phrases entendues précédemment.

**Apprenants** Des analyses similaires à celles conduites pour les locuteurs natifs (avec l'ajout du facteur inter-sujet Groupe, voir Modèle 5) ont révélé un effet de l'interaction Classement  $\times$  Structure  $\times$  Prosodie ( $F(1,259)=16.04$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.06$ ), ainsi qu'un effet de Session ( $F(1,30)=43.04$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.59$ ). Les interactions

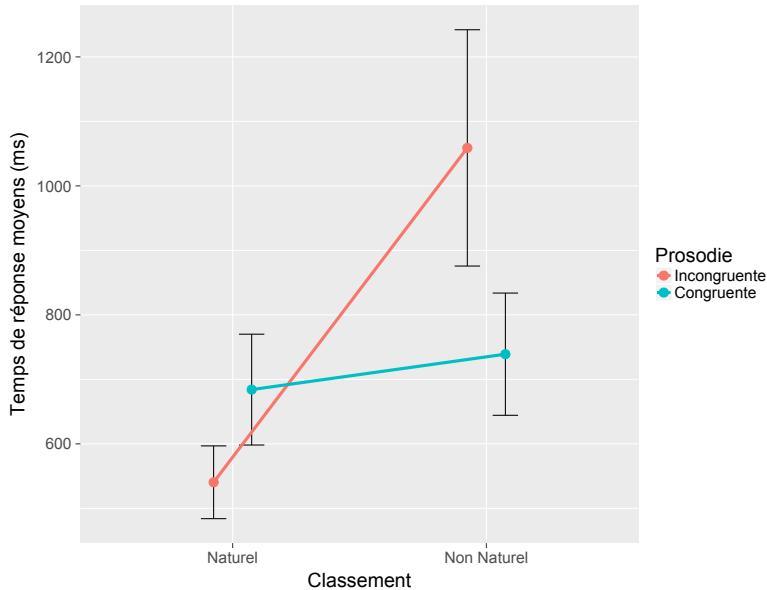


FIGURE 11.3 – Temps de réponse selon le Classement et la Prosodie pour les locuteurs natifs

Classement  $\times$  Structure ( $F(1,260)=15.43, p=.0001, \eta_p^2=0.06$ ) et Classement  $\times$  Prosodie ( $F(1,27)=21.96, p<.0001, \eta_p^2=0.45$ ) ainsi que les effets principaux du Classement ( $F(1,28)=6.40, p=.017, \eta_p^2=0.19$ ) et de la Structure ( $F(1,29)=5.31, p=.028, \eta_p^2=0.15$ ) étaient également significatifs, mais n'ont pas été examinés plus avant puisqu'ils étaient inclus dans l'interaction de plus haut niveau.

Les tests post-hoc ont montré que les participants étaient plus rapides pour accepter correctement les stimuli à la prosodie congruente quelle que soit leur structure syntaxique que pour les rejeter ( $M_{RP,C,Nat}-RP,C,NonNat}^{52}=-154$  ms,  $t(41)=-4.14, p=.0009, d=0.44$ ;  $M_{RT,C,Nat}-RT,C,NonNat}=-149$  ms,  $t(41)=-4.17, p=.0008, d=0.43$ ). Ils étaient en revanche plus lents pour (incorrectement) classer comme naturels les stimuli incongruents à résolution tardive (condition C) que pour les rejeter ( $M_{RT,I,Nat}-RT,I,NonNat}=129$  ms,  $t(49)=4.24, p=.0005, d=0.45$ ).

En outre, lorsqu'ils classaient les stimuli comme naturels, les apprenants le faisaient plus rapidement pour les phrases à prosodie congruente que incongruente ( $M_{Nat,RP,C-Nat,RP,I}=-77$  ms,  $t(42)=-3.12, p=.017, d=0.30$ ;  $M_{Nat,RT,C-Nat,RT,I}=-138$  ms,  $t(50)=-5.42, p<.0001, d=0.48$ ). Ils rejetaient également plus rapidement les stimuli incongruents que congruents mais uniquement pour les phrases à résolution tardive (condition C) ( $M_{NonNat,RT,C-NonNat,RT,I}=140$  ms,

52. RP : Résolution Précoce, RT :Résolution Tardive, C : Prosodie congruente (Correct), I : Prosodie incongruente (incorrect), Nat : Classé comme naturel, NonNat : Classé comme non naturel.

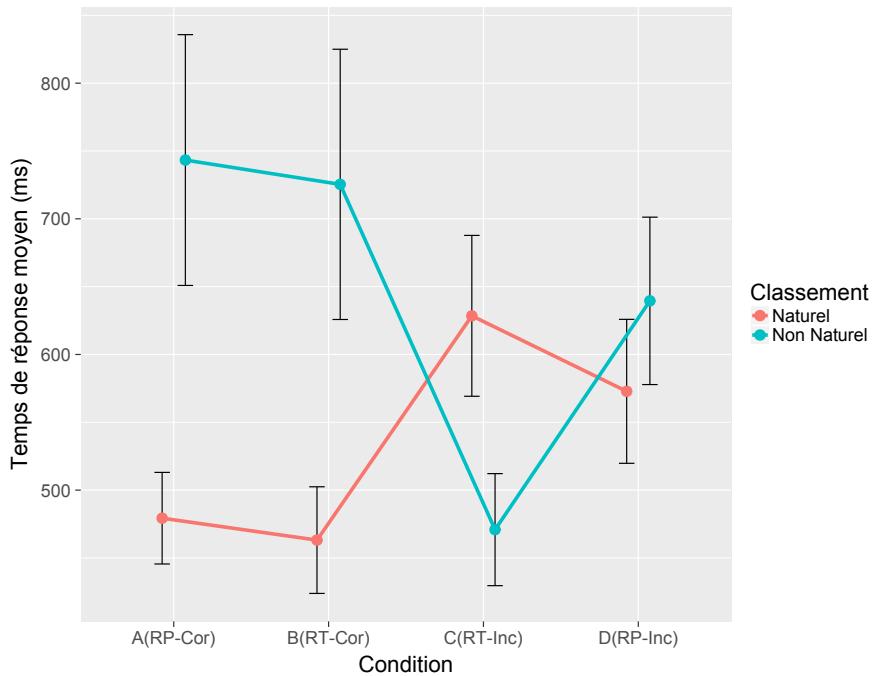


FIGURE 11.4 – Temps de réponse en fonction de la Condition et du Classement pour les apprenants

$t(32)=3.95$ ,  $p=.002$ ,  $d=0.46$ ). Enfin, lorsque les phrases à la prosodie incongruente étaient classées comme non naturelles, cela était fait plus rapidement pour les phrases à résolution tardive (condition C) que précoce (condition D) ( $M_{NonNat,I,RP-NonNat,I,RT}=138$  ms,  $t(71)=5.43$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.45$ ). D'une manière générale, les participants étaient donc plus rapides lorsqu'ils classaient « correctement » les phrases selon leur prosodie (c'est-à-dire lorsqu'ils acceptaient les phrases dont la prosodie était congruente et qu'ils rejetaient les phrases dont la prosodie était incongruente), sauf pour les phrases de la condition D (résolution précoce incongruente), dont le statut inacceptable n'était pas clairement établi y compris chez les natifs.

L'analyse de l'effet de Session a révélé que les participants répondaient plus rapidement lors du post-test que lors du pré-test ( $M_{s2-s1}=-169$  ms,  $t(30)=-6.56$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.52$ ).

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** Les analyses (Modèle 6) ont montré un effet de Groupe sur le temps de réponse lors du post-test ( $F(2,44)=8.49$ ,  $p=.0008$ ,  $\eta_p^2=0.28$ ). En effet, lors de cette session, les participants des deux groupes d'apprenants répondaient significativement plus rapidement que les

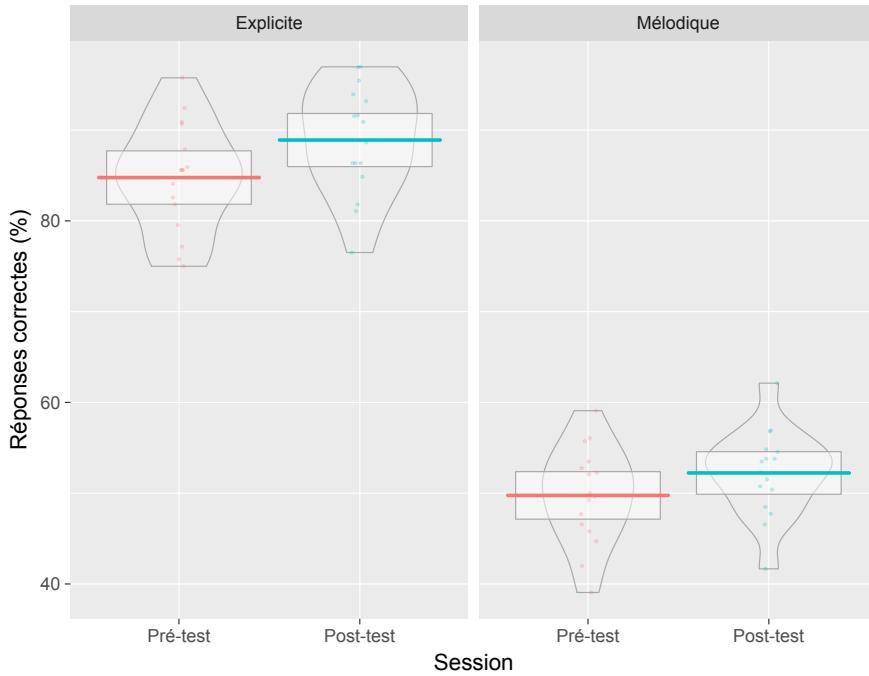


FIGURE 11.5 – Performance à l’entraînement par Session et par Groupe

locuteurs natifs ( $M_{NS-E}=158$  ms,  $t(44)=3.90$ ,  $p=.0009$ ,  $d=0.71$ ;  $M_{NS-I}=143$  ms,  $t(43)=3.10$ ,  $p=.009$ ,  $d=0.41$ ) : il fallait en moyenne 751 ms ( $ET=422$  ms) aux locuteurs natifs pour évaluer le caractère naturel de la phrase, mais seulement 467 ms ( $ET=239$  ms) aux participants du groupe Explicite et 516 ms ( $ET=246$  ms) aux participants du groupe Implicite, lors du post-test. Il n’y avait pas de différence selon le Groupe lors du pré-test.

#### 11.1.4 Entrainements

L’analyse des données collectées pendant les entraînements (Modèle 7) a montré un effet de Session ( $\chi^2(1)=15.85$ ,  $p<.0001$ ), de Groupe ( $\chi^2(1)=194.85$ ,  $p<.0001$ ) et de l’interaction Session × Groupe ( $\chi^2(1)=5.76$ ,  $p=.016$ ,  $R^2c=0.36$ ) (voir Figure 11.5). L’effet de Session était significatif chez les participants du groupe Explicite ( $RC_{s1-s2}=0.64$ ,  $ES=0.07$ ,  $z=-3.98$ ,  $p<.0001$ ) mais seulement marginalement significatif pour le groupe Mélodique ( $RC_{s1-s2}=0.88$ ,  $ES=0.06$ ,  $z=-1.90$ ,  $p=.058$ ). Les participants du groupe Explicite réussissaient également mieux leur tâche que les participants du groupe Mélodique, qui répondait au niveau du hasard ( $RC_{E,s1-M,s1}=7.22$ ,  $ES=1.02$ ,  $z=13.96$ ,  $p<.0001$ ;  $RC_{E,s2-M,s2}=9.86$ ,  $ES=1.53$ ,  $z=14.73$ ,  $p<.0001$ ;  $M_{E,s1}=84.77\%$ ,  $ET_{E,s1}=6.01\%$ ;  $M_{E,s2}=88.91\%$ ,  $ET_{E,s2}=5.97\%$ ;  $M_{M,s1}=49.76\%$ ,  $ET_{M,s1}=5.34\%$ ;  $M_{M,s2}=52.23\%$ ,

$ET_{M,s2}=4.79\%$ ). Puisque le temps de réponse pendant l'entraînement incluait l'écoute (et éventuellement la réécoute) des réponses proposées, aucune analyse sur le temps de réponse n'a été effectuée.

### 11.1.5 Questionnaire post-test à J+7

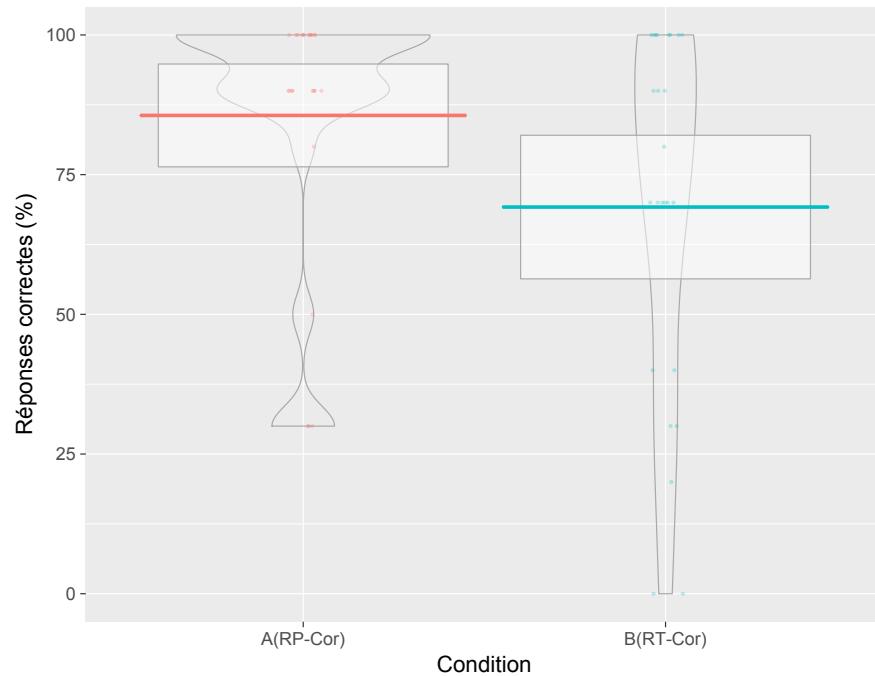


FIGURE 11.6 – Performance en fonction de la Condition lors du Post Test à J+7

Les participants des deux groupes étaient performants sur la complétiion des phrases de la condition A (autour de 85 % en moyenne, voir Table 11.6), qui se terminaient sur une pause prosodique. Ils l'étaient moins sur la complétiion des phrases dans la condition B, lorsque l'ajout d'un complément d'objet était nécessaire (autour de 70 % groupes confondus). Cet effet de la Condition a été confirmé par un test de

|                         | Condition A | Condition B  |
|-------------------------|-------------|--------------|
| <b>Groupe Explicite</b> | 85.4 (25.0) | 76.92 (33.0) |
| <b>Groupe Mélodique</b> | 85.8 (22.7) | 60.8 (31.8)  |
| <b>Global</b>           | 85.6 (23.5) | 69.2 (32.8)  |

TABLEAU 11.6 – Performance moyenne en % par Groupe et par Condition sur le post-test retardé (Écart-type entre parenthèses)

$\chi^2$  ( $\chi^2(1)=18.29, p<.0001$ ). La performance sur le post-test n'était pas corrélée à la performance sur la tâche d'acceptabilité ( $p>.1$ ). La corrélation entre la performance sur le post-test retardé et la capacité à rejeter correctement les stimuli non naturels lors du post-test était marginalement significative ( $t(23)=2.0, p=.058, r=0.38$ ).

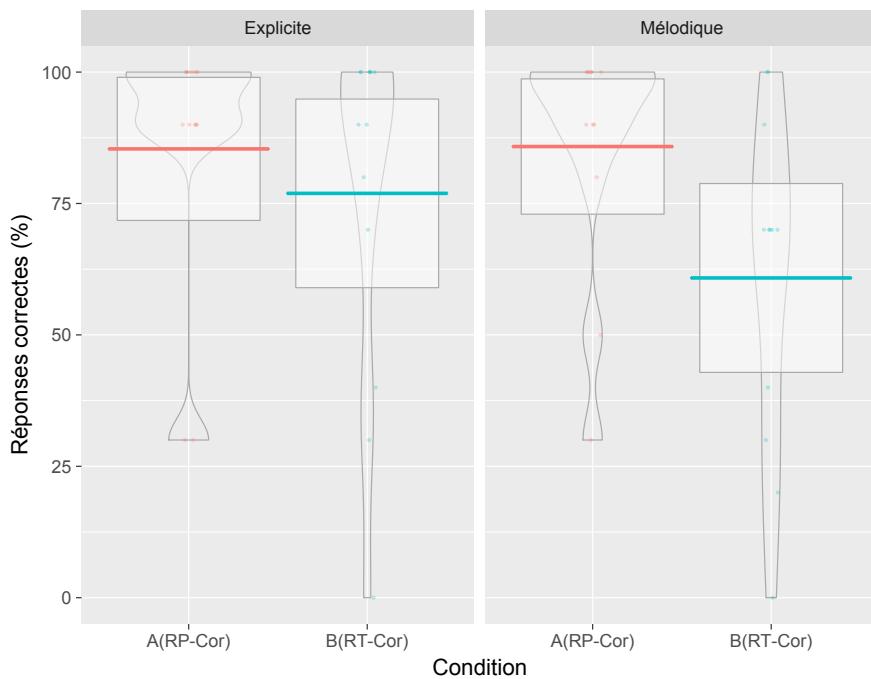


FIGURE 11.7 – Performance en fonction de la Condition et du Groupe lors du Post Test à J+7

## 11.2 Potentiels évoqués

Par souci de clarté et brièveté, seuls les résultats significatifs sont rapportés. Les modèles complets ayant convergé sont présentés dans l'Annexe en ligne [Modèles complets de l'Expérience 2](#).

### 11.2.1 Effets de frontières

La composante CPS dans les conditions contrôle A et B est visible dans la Figure 11.8.

| Electrodes | Région      | Effet     | df   | F     | p    | $\eta_p^2$ |
|------------|-------------|-----------|------|-------|------|------------|
| Médiales   | Antérieure  | Condition | 1,14 | 4.89  | .044 | 0.26       |
|            | Centrale    | Condition | 1,14 | 9.06  | .009 | 0.39       |
|            | Postérieure | Condition | 1,14 | 10.85 | .005 | 0.44       |
| Latérales  | Antérieure  | Condition | 1,14 | 4.02  | .065 | 0.22       |
|            | Centrale    | Condition | 1,14 | 6.87  | .020 | 0.33       |
|            | Postérieure | Condition | 1,14 | 6.98  | .019 | 0.33       |

TABLEAU 11.7 – Résultats des analyses pour la CPS en réponse à la première frontière prosodique (condition A) chez les locuteurs anglophones natifs

| Électrodes | Région      | M ( $\mu V$ ) | ES   | df | t    | p    | d    |
|------------|-------------|---------------|------|----|------|------|------|
| Médiales   | Antérieure  | 0.65          | 0.29 | 14 | 2.21 | .044 | 0.58 |
|            | Centrale    | 0.87          | 0.29 | 14 | 3.01 | .009 | 0.73 |
|            | Postérieure | 0.91          | 0.28 | 14 | 3.29 | .005 | 0.91 |
| Latérales  | Antérieure  | 0.49          | 0.24 | 14 | 2.00 | .065 | 0.49 |
|            | Centrale    | 0.63          | 0.24 | 14 | 2.62 | .020 | 0.66 |
|            | Postérieure | 0.58          | 0.22 | 14 | 2.64 | .019 | 0.71 |

TABLEAU 11.8 – Résultats des tests post-hoc pour la première CPS chez les locuteurs natifs ( $M$  : estimation de la différence moyenne [F+]-[F-] par le modèle,  $ES$  : erreur standard,  $df$  : degrés de liberté,  $d$  :  $d$  de Cohen)

### 11.2.1.1 CPS en condition A, première frontière

**Locuteurs Natifs** Les analyses ont comparé l'amplitude dans la fenêtre 0-600 ms après le début de la pause en condition A (première frontière possible, après le syntagme verbal 1) et au même endroit dans la phrase en condition B (au point de cross-splicing). La latency moyenne du pic d'amplitude de la différence entre les conditions Frontière présente ([F+]) et absente ([F-]) était de 310 ms ( $ET=172$  ms). Les analyses (Modèles 9 et 10) ont révélé un effet significatif ou marginalement significatif de la Condition dans toutes les régions aux électrodes médiales et latérales (voir Tableau 11.7). Les analyses a posteriori montrent que dans tous les cas, l'amplitude dans la condition Frontière Présente [F+] était supérieure à l'amplitude dans la condition Pas de Frontière [F-] (voir Tableau 11.8).

Afin d'examiner de possibles différences quantitatives entre les sessions de test et les groupes, des analyses sur la différence [F+]-[F-] ont été réalisées. Pour mettre en avant de possibles effets de Région, celles-ci ont été menées en incluant le facteur Région dans le modèle et non pas séparément pour chaque Région (voir Modèles 11 a et b). L'effet de Région était marginalement significatif aux électrodes médiales ( $F(2,28)=3.12$ ,  $p=.060$ ,  $\eta_p^2=0.18$ ) : l'amplitude de l'effet en région postérieure était plus élevée qu'en région antérieure ( $M_{Post-Ant}=0.36 \mu V$ ,  $ES=0.15$ ,  $t(28)=2.40$ ,

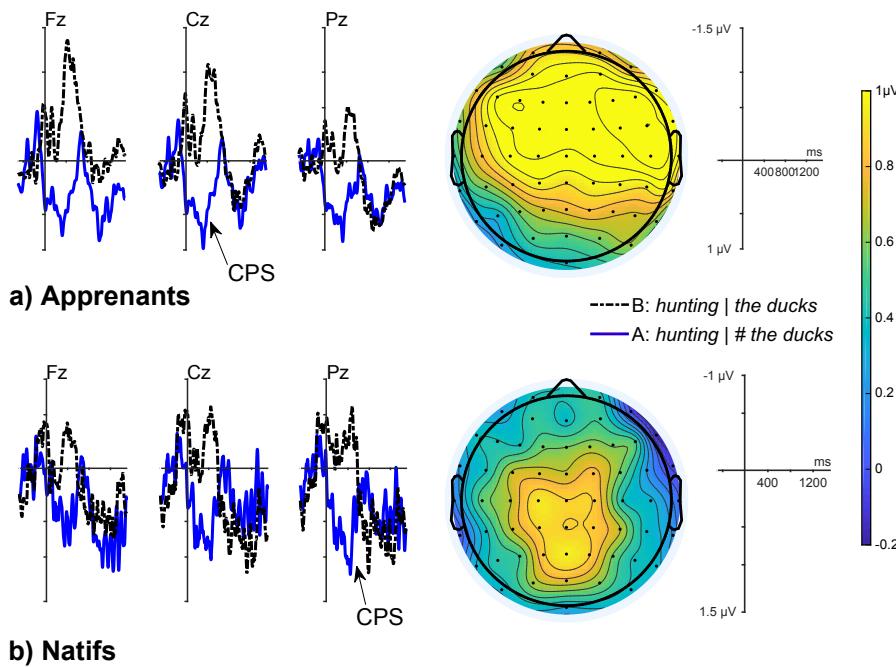


FIGURE 11.8 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants (a) et les natifs (b) en réponse à la première frontière prosodique (CPS1), et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions [F+] et [F-] entre 0 et 600 ms après le début de la pause (Axe horizontal : temps de -400 à 1200 ms par pas de 400 ms ; axe vertical : amplitude de -1.5 à 1  $\mu$ V et de -1 à 1.5  $\mu$ V par pas de 0.5  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

$p=.059$ ,  $d=0.31$ ). Il n'y avait pas d'effet significatif aux électrodes latérales.

On avait donc bien une positivité largement distribuée dans la fenêtre temporelle de la CPS (entre 0 et 600 ms après le début de la pause).

**Apprenants** La composante CPS dans les conditions contrôles A et B est visible dans la Figure 11.8. La latence moyenne du pic d'amplitude de la différence entre les conditions [F+] et [F-] était de 334 ms ( $ET=176$  ms). Les analyses (Modèles 12 et 13) ont comparé l'amplitude dans la fenêtre 0-600 ms après le début de la pause en condition A (première frontière possible, après le syntagme verbal 1) et au même endroit dans la phrase en condition B (au point de *cross-splicing*).

| Zone | Région | Effet                            | df     | F     | p       | $\eta_p^2$ |
|------|--------|----------------------------------|--------|-------|---------|------------|
| Med. | Ant.   | Cond                             | 1,28   | 51.18 | <.0001  | 0.64       |
|      |        | Cond                             | 1,31   | 45.14 | .<.0001 | 0.60       |
|      | Post.  | Cond                             | 1,11   | 35.51 | <.0001  | 0.76       |
|      |        | Cond × Ses                       | 1,28   | 4.51  | .043    | 0.14       |
|      |        | Cond × Gp                        | 1,11   | 11.46 | .006    | 0.51       |
| Lat. | Ant.   | Cond                             | 1,20   | 68.74 | <.0001  | 0.78       |
|      |        | Cond × Hem × Comp × Groupe       | 2,66   | 4.67  | .013    | 0.12       |
|      |        | Cond × Ses × Hem × Comp × Groupe | 2,1415 | 3.02  | .049    | 0.004      |
|      | Cent.  | Cond                             | 1,16   | 70.40 | <.0001  | 0.82       |
|      |        | Cond × Hem × Comp                | 2,59   | 4.29  | .018    | 0.13       |
|      |        | Cond × Ses × Hem × Comp          | 2,545  | 4.04  | .018    | 0.15       |
|      |        | Cond × Hem × Comp × Groupe       | 2,59   | 5.17  | .009    | 0.15       |
|      | Post.  | Cond                             | 1,12   | 15.22 | .002    | 0.67       |
|      |        | Cond × Hem                       | 1,31   | 9.35  | .005    | 0.23       |
|      |        | Cond × Ses × Hem × Comp          | 2,1393 | 5.59  | .004    | 0.008      |
|      |        | Cond × Ses × Hem × Gp            | 2,1612 | 3.08  | .046    | 0.004      |

TABLEAU 11.9 – Résultats des analyses pour la première CPS chez les apprenants (Med : Médiale, Lat : Latérale, Cond : Condition (Frontière/Pas de Frontière), Ses : Session (pré-test/post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droite), Comp : Compétence (d'), Gp : Groupe (Explicite / Mélodique))

Sur les électrodes médiales, les analyses ont révélé un effet significatif de la Condition dans toutes les régions (voir Tableau 11.9) : l'amplitude en présence d'une frontière prosodique était supérieure à la condition contrôle. De plus, l'interaction

Condition  $\times$  Session était significative dans la région postérieure. Les analyses a posteriori ont seulement confirmé que la positivité dans cette fenêtre était présente lors des deux sessions de test (au pré-test :  $M_{[F+]-[F-]}=0.82 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.14$ ,  $t(14)=5.97$ ,  $p<.0001$ ,  $d=0.94$ ; au post-test :  $M_{[F+]-[F-]}=0.44 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.14$ ,  $t(19)=3.18$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.59$ ). L'interaction Condition  $\times$  Groupe était également significative en région postérieure : la positivité était significative pour les participants du groupe Mélodique ( $M_{[F+]-[F-]}=0.99 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.17$ ,  $t(12)=5.94$ ,  $p=.0001$ ,  $d=1.27$ ) mais seulement marginalement significative pour les participants du groupe Explicite ( $M_{[F+]-[F-]}=0.27 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(8)=2.08$ ,  $p=.07$ ,  $d=0.33$ ).

Aux électrodes latérales, l'effet de Condition était encore une fois significatif dans les trois régions (voir Tableau 11.9). Dans la région antérieure, l'interaction maximale Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence  $\times$  Groupe était significative. La positivité était bilatérale chez les plus compétents ( $M_{HG,[F+]-HG,[F-]}=1.43 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.36$ ,  $t(15)=3.94$ ,  $p=.062$ ,  $d=1.68$ ;  $M_{HD,[F+]-HD,[F-]}=1.50 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.36$ ,  $t(13)=4.22$ ,  $p=.044$ ,  $d=1.58$ ) et seulement marginalement significative dans l'hémisphère droit chez les moins compétents ( $M_{[F+]-[F-]}+1.55 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.40$ ,  $t(10)=3.87$ ,  $p=.097$ ,  $d=2.19$ ). Au post-test, l'effet de Condition était significatif chez les participants du groupe E les plus compétents dans les deux hémisphères ( $M_{HG,[F+]-HG,[F-]}=1.01 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.26$ ,  $t(20)=3.87$ ,  $p=.052$ ,  $d=1.58$ ;  $M_{HD,[F+]-HD,[F-]}=1.15 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.29$ ,  $t(19)=3.98$ ,  $p=.044$ ,  $d=1.52$ ) mais uniquement dans l'hémisphère gauche chez les participants du groupe M avec un niveau de compétence élevé ( $M_{HG,[F+]-HG,[F-]}=1.27 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.32$ ,  $t(20)=3.96$ ,  $p=.045$ ,  $d=1.25$ ).

Dans la région centrale, deux interactions à quatre termes étaient significatives : Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence et Condition  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence  $\times$  Groupe. Les tests post-hocs réalisés sur ces interactions ont montré la présence d'une positivité quel que soit le groupe, la session, la compétence ou l'hémisphère (voir Tableaux 11.10 p. 297 et 11.11 p. 298).

En région postérieure, deux interactions à quatre termes étaient significatives. Les tests post-hocs de l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence (dont les résultats détaillés sont rapportés dans le Tableau 11.12 p. 299) ont montré un effet de Condition significatif quel que soit le groupe de Compétence au pré-test, et uniquement chez les participants les plus compétents au post-test. Les analyses de l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Groupe (voir Tableau 11.12) ont révélé un effet significatif de la Condition chez les participants des groupe E (hémisphère droit uniquement) et M (bilatéral) au pré-test mais uniquement chez les participants du groupe M au post-test (effet bilatéral). Il semble donc que dans cette région, une positivité était présente de manière globale au pré-test, mais uniquement chez les participants du groupe Mélodique et les participants les plus compétents au post-test. En région postérieure, la CPS était donc limitée aux participants du

| Session   | Hem.   | Comp. | M ( $\mu V$ ) | ES   | df | t    | p     | d    |
|-----------|--------|-------|---------------|------|----|------|-------|------|
| Pré-test  | Gauche | Haute | 1.00          | 0.22 | 18 | 4.48 | .006  | 1.37 |
|           |        | Basse | 1.20          | 0.29 | 8  | 4.10 | .043  | 1.58 |
|           | Droite | Haute | 1.19          | 0.22 | 16 | 5.43 | .001  | 1.50 |
|           |        | Basse | 1.46          | 0.29 | 8  | 5.10 | .012  | 1.79 |
| Post-test | Gauche | Haute | 0.97          | 0.17 | 24 | 5.60 | .0002 | 1.23 |
|           |        | Basse | 0.86          | 0.19 | 13 | 4.42 | .012  | 1.25 |
|           | Droite | Haute | 1.12          | 0.19 | 22 | 5.87 | .0001 | 1.42 |
|           |        | Basse | 0.93          | 0.20 | 10 | 4.56 | .014  | 1.44 |

TABLEAU 11.10 – Résultats des tests post-hoc sur l’interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence en région Centrale pour la première CPS chez les apprenants : effet de Condition par Session, Hémisphère et Compétence (Hem. : Hémisphère, Comp. : Compétence, M : estimation de la différence moyenne [F+]-[F-], ES : Erreur type, df : degrés de liberté)

groupe Mélodique les plus performants lors du post-test.

Les analyses effectuées sur l’amplitude de la différence [F+]-[F-] (Modèles 14 a et b) ont révélé un effet significatif de la Région aux électrodes de la ligne médiale ( $F(2,39)=5.45$ ,  $p=.008$ ,  $\eta_p^2=0.22$ ) : l’effet était supérieur en région antérieure par rapport à la région postérieure ( $M_{Ant-Post}=0.42 \mu V$ ,  $ES=0.14$ ,  $t(30)=2.93$ ,  $p=.017$ ,  $d=0.38$ ) et en région centrale par rapport à la région postérieure ( $M_{Cent-Post}=0.32 \mu V$ ,  $ES=0.10$ ,  $t(38)=3.15$ ,  $p=.009$ ,  $d=0.33$ ). Sur les électrodes latérales, on trouvait encore un effet principal de la Région ( $F(2,40)=19.16$ ,  $p<.0001$ ,  $\eta_p^2=0.49$ ) mais également une interaction Session  $\times$  Région  $\times$  Groupe ( $F(2,1310)=7.12$ ,  $p=.0008$ ,  $\eta_p^2=0.01$ ). Au pré-test, l’amplitude était supérieure en région centrale par rapport à la région postérieure pour les participants du groupe E ( $M_{Cent-Post}=0.48 \mu V$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(50)=3.77$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.39$ ) et du groupe M ( $M_{Cent-Post}=0.54 \mu V$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(48)=4.27$ ,  $p=.001$ ,  $d=0.55$ ), et supérieure en région antérieure par rapport à la région postérieure pour les participants du groupe M uniquement ( $M_{Ant-Post}=0.63 \mu V$ ,  $ES=0.17$ ,  $t(36)=3.73$ ,  $p=.008$ ,  $d=0.54$ ). Au pré-test, la CPS était donc maximale en région centrale pour les participants du groupe E et en région antéro-centrale pour les participants du groupe M. Au post-test, l’amplitude était plus grande en région centrale que postérieure pour les participants des deux groupes ( $M_{E,Cent-E,Post}=0.48 \mu V$ ,  $ES=0.14$ ,  $t(62)=3.51$ ,  $p=.011$ ,  $d=0.55$ ;  $M_{M,Cent-M,Post}=0.47 \mu V$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(48)=3.72$ ,  $p=.007$ ,  $d=0.65$ ) et en région antérieure que postérieure pour le groupe E uniquement ( $M_{E,Ant-E,Post}=0.71 \mu V$ ,  $ES=0.18$ ,  $t(44)=3.97$ ,  $p=.003$ ,  $d=0.77$ ). Au post-test, la CPS était donc maximale en région centrale pour les participants du groupe M et en région antéro-centrale pour les participants du groupe E. Il n’y avait pas d’effet de Groupe ou de Session sur la CPS.

| Groupe    | Hem.   | Comp. | <i>M</i> ( $\mu$ V) | <i>ES</i> | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
|-----------|--------|-------|---------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Explicite | Gauche | Haute | 0.77                | 0.22      | 21        | 3.58     | .032     | 1.23     |
|           |        | Basse | 0.87                | 0.30      | 9         | 2.94     | .172     | 1.29     |
|           | Droite | Haute | 1.01                | 0.22      | 19        | 4.49     | .005     | 1.45     |
|           |        | Basse | 1.03                | 0.30      | 11        | 3.45     | .074     | 1.23     |
| Mélodique | Gauche | Haute | 1.20                | 0.25      | 17        | 4.85     | .003     | 1.44     |
|           |        | Basse | 1.19                | 0.28      | 7         | 4.29     | .044     | 1.56     |
|           | Droite | Haute | 1.30                | 0.26      | 16        | 5.04     | .002     | 1.47     |
|           |        | Basse | 1.36                | 0.28      | 9         | 4.93     | .013     | 2.11     |

TABLEAU 11.11 – Résultats des tests post-hoc sur l’interaction Condition  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence  $\times$  Groupe en région Centrale pour la première CPS chez les apprenants : effet de Condition par Groupe, Hémisphère et Compétence (Hem. : Hémisphère, Comp. : Compétence, *M* : estimation de la différence moyenne [F+]-[F-], *ES* : Erreur type, *df* : degrés de liberté)

Une positivité correspondant à une CPS était donc présente entre 0 et 600 ms après le début de la pause dans les phrases de la condition A. Au pré-test, cette positivité était présente sur les électrodes centrales et postérieures pour tous, et sur les électrodes antérieures pour les participants du groupe M. Au post-test, sa localisation se modifiait : elle s’étendait en région antérieure pour les participants les plus compétents des deux groupes. La CPS était donc plus étendue pour les participants les plus compétents lors du post-test, mais limitée à la région Centrale pour les participants les moins compétents. La CPS restait significative aux électrodes postérieures pour les participants du groupe Mélodique, notamment ceux ayant un meilleur *d'* et donc une meilleure capacité à utiliser les indices prosodiques pour discriminer entre les phrases contrôles et les phrases contenant une frontière superflue.

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** La CPS étant observée dans presque toutes les régions pour les natifs et les apprenants, l’effet de CPS (différence entre l’amplitude en présence d’une frontière et l’amplitude en l’absence d’une frontière à l’emplacement correspondant dans la phrase contrôle) a été moyenné par Sujet sur toutes les électrodes incluses dans l’analyse initiale. Dans le modèle comportant les données pour les apprenants au pré-test, l’effet de Groupe était marginalement significatif ( $F(2,58)=2.71$ ,  $p=.075$ ,  $\eta_p^2=0.08$ ) : l’amplitude de la CPS était plus grande chez les participants du groupe Mélodique que chez les natifs ( $M_{M-NS}=0.67 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.29$ ,  $t(58)=2.34$ ,  $p=.058$ ,  $d=0.72$ ; voir Figure 11.9). Pour les données du post-test, aucun effet n’était significatif. Il n’y avait pas d’effet de Groupe ni de Session sur la latence du pic de la différence.

| Session   | Hem.   | Compétence | <i>M</i> ( $\mu$ V) | <i>ES</i> | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
|-----------|--------|------------|---------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Pré-test  | Gauche | Haute      | 0.61                | 0.18      | 21        | 3.40     | .045     | 0.88     |
|           |        | Basse      | 0.75                | 0.22      | 13        | 3.35     | .075     | 0.83     |
|           | Droite | Haute      | 0.80                | 0.17      | 23        | 4.74     | .002     | 1.16     |
|           |        | Basse      | 1.06                | 0.22      | 11        | 4.74     | .010     | 1.20     |
| Post-test | Gauche | Haute      | 0.64                | 0.14      | 24        | 4.54     | .003     | 0.80     |
|           |        | Basse      | 0.31                | 0.19      | 9.64      | 1.61     | >.10     | 0.42     |
|           | Droite | Haute      | 0.80                | 0.14      | 22        | 5.85     | .0002    | 1.10     |
|           |        | Basse      | 0.56                | 0.20      | 10        | 2.83     | >.10     | 0.80     |
| Session   | Hem.   | Compétence | <i>M</i> ( $\mu$ V) | <i>ES</i> | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
| Pré-test  | Gauche | Explicite  | 0.46                | 0.21      | 23        | 2.17     | >.10     | 0.63     |
|           |        | Mélodique  | 0.91                | 0.21      | 23        | 4.31     | .005     | 1.10     |
|           | Droite | Explicite  | 0.81                | 0.21      | 18        | 3.94     | .017     | 0.97     |
|           |        | Mélodique  | 1.05                | 0.21      | 19        | 5.13     | .001     | 1.46     |
| Post-test | Gauche | Explicite  | 0.23                | 0.18      | 15        | 1.27     | >.10     | 0.36     |
|           |        | Mélodique  | 0.72                | 0.17      | 20        | 4.35     | .006     | 0.83     |
|           | Droite | Explicite  | 0.51                | 0.19      | 15        | 2.74     | >.10     | 0.89     |
|           |        | Mélodique  | 0.85                | 0.17      | 18        | 4.98     | .002     | 1.02     |

TABLEAU 11.12 – Résultats des tests post-hoc sur les interactions Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence et Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Groupe en région postérieure pour la première CPS chez les apprenants : effet de Condition par Session, Hémisphère et Compétence / Groupe (Hem : Hémisphère, *M* : estimation de la différence moyenne [F+]-[F-], *ES* : Erreur standard, *df* : degrés de liberté)

### 11.2.1.2 CPS en condition B, deuxième frontière

**Locuteurs natifs** La latence moyenne du pic d'amplitude de la différence était de 316 ms ( $ET=187$  ms). Les potentiels évoqués sont visibles dans la Figure 11.10. Les analyses (Modèles 15 et 16) ont comparé l'amplitude dans la fenêtre 0-600 ms après le début de la pause en condition B (deuxième frontière possible) et au même endroit dans la phrase en condition A (après le syntagme nominal ambigu). Les résultats des analyses sont rapportés dans le Tableau 11.13. L'effet de Condition était significatif dans la région Postérieure uniquement et marginalement significatif dans la région Centrale (voir Tableau 11.14).

Les analyses sur la différence [F+]-[F-] (Modèles 17 a et b) ont révélé un effet significatif de la Région aux électrodes médiales ( $F(2,28)=6.72$ ,  $p=.004$ ,  $\eta_p^2=0.32$ ) : l'amplitude était maximale en région centrale ( $M_{Cent-Ant}=0.46 \mu$ V,  $ES=0.17$ ,  $t(28)=2.65$ ,  $p=.034$ ,  $d=0.30$ ) et postérieure ( $M_{Post-Ant}=0.61 \mu$ V,  $ES=0.17$ ,  $t(28)=3.52$ ,  $p=.004$ ,  $d=0.46$ ). La CPS était présente dans cette fenêtre, mais plus localisée dans les régions centro-postérieures que la première frontière.

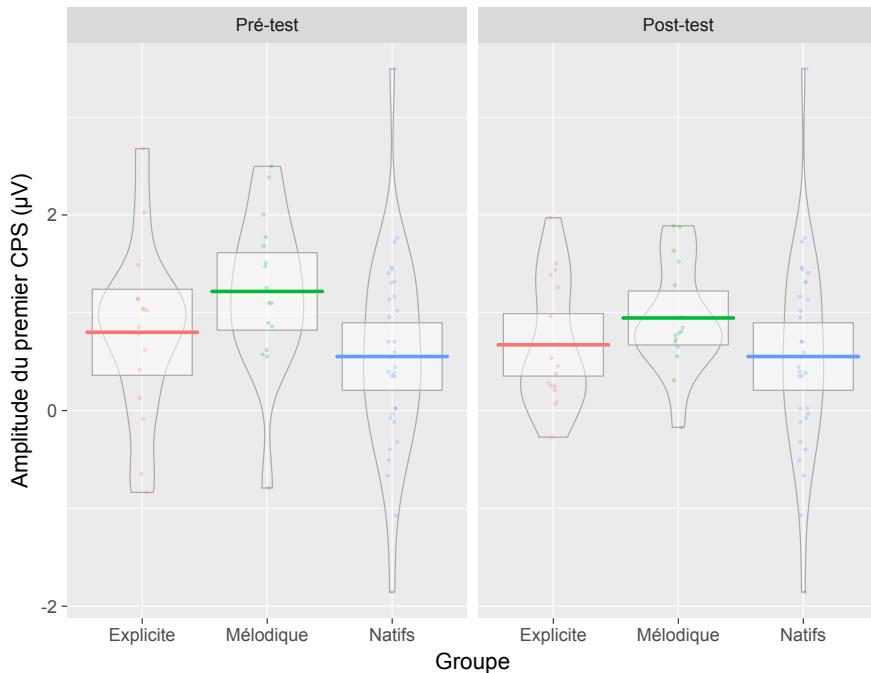


FIGURE 11.9 – Effet de Groupe sur l'amplitude de la CPS à la première frontière à chaque Session (Code de significativité : . :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ )

**Apprenants** La latence moyenne du pic de la différence chez les apprenants était de 341 ms ( $ET=177$  ms). Les analyses (Modèles 18 et 19) ont comparé l'amplitude dans la fenêtre 0-600 ms après le début de la pause en condition B (deuxième frontière possible) et au même endroit dans la phrase en condition A (après le syntagme nominal ambigu). Les effets significatifs sont rapportés dans le Tableau 11.15.

Aux électrodes médiales, l'effet de Condition était significatif dans toutes les régions : l'amplitude était supérieure en présence de la frontière prosodique. En région antérieure, l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Compétence était également significative, mais les analyses a posteriori n'ont pas révélé de paires pertinentes significativement différentes.

Aux électrodes latérales, les deux interactions de plus haut niveau en région Antérieure étaient Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence et Condition  $\times$  Session  $\times$  Compétence  $\times$  Groupe. Les analyses a posteriori de la première ont révélé une positivité significative provoquée par la frontière uniquement au pré-test. Chez les participants ayant une compétence élevée, cette positivité était seulement marginalement significative dans l'hémisphère droit ( $M_{[F+]-[F-]}=0.96 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.31$ ,  $t(18)=3.08$ ,  $p=.096$ ,  $d=0.81$ ). Chez les participants de niveau plus faible, l'effet de Condition était significatif dans l'hémisphère droit ( $M_{[F+]-[F-]}=1.18 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.35$ ,  $t(21)=3.37$ ,  $p=.049$ ,  $d=1.26$ ) et marginalement significatif dans l'hémisphère gauche

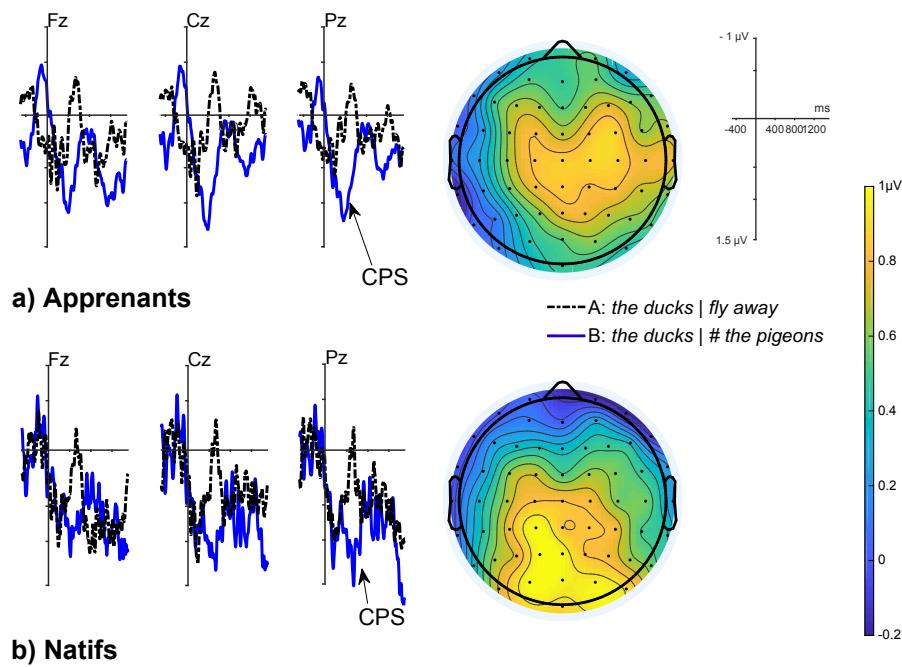


FIGURE 11.10 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants (a) et les natifs (b) en réponse à la deuxième frontière prosodique (CPS2), et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions [F+] et [F-] entre 0 et 600 ms après le début de la pause (Axe horizontal : temps de -400 à 1200 ms par pas de 400 ms; axe vertical : amplitude de -1.5 à 1 μV par pas de 0.5 μV, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

| Electrodes | Région      | Effet     | df   | F    | p    | $\eta_p^2$ |
|------------|-------------|-----------|------|------|------|------------|
| Médiales   | Antérieure  | Condition | 1,14 | 1.41 | >.1  | 0.09       |
|            | Centrale    | Condition | 1,14 | 3.70 | .075 | 0.21       |
|            | Postérieure | Condition | 1,14 | 7.02 | .019 | 0.33       |
| Latérales  | Antérieure  | Condition | 1,14 | 1.73 | >.1  | 0.11       |
|            | Centrale    | Condition | 1,14 | 4.06 | .063 | 0.22       |
|            | Postérieure | Condition | 1,14 | 5.85 | .030 | 0.29       |

TABLEAU 11.13 – Résultats des analyses pour la CPS en réponse à la deuxième frontière prosodique (condition B) chez les locuteurs anglophones natifs

| Électrodes | Région      | M ( $\mu V$ ) | ES   | df | t    | p    | d    |
|------------|-------------|---------------|------|----|------|------|------|
| Médiales   | Centrale    | 0.82          | 0.43 | 14 | 1.92 | .075 | 0.61 |
|            | Postérieure | 0.90          | 0.34 | 14 | 2.65 | .019 | 0.79 |
| Latérales  | Centrale    | 0.63          | 0.31 | 14 | 2.02 | .063 | 0.61 |
|            | Postérieure | 0.71          | 0.29 | 14 | 2.42 | .030 | 0.69 |

TABLEAU 11.14 – Résultats des tests post-hoc pour la deuxième CPS chez les locuteurs natifs ( $M$  : estimation moyenne de la différence [F+]-[F-],  $ES$  : erreur standard,  $df$  : degrés de liberté)

( $M_{[F+]-[F-]}=1.13 \mu V$ ,  $ES=0.36$ ,  $t(21)=3.13$ ,  $p=.079$ ,  $d=1.16$ ). Les analyses de la deuxième interaction n'ont révélé aucune paire significative.

En région centrale, l'analyse de l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence a révélé que la CPS n'était présente au pré-test que chez les participants du groupe de compétence Basse, dans les deux hémisphères ( $M_{HG,[F+]-HG,[F-]}=0.98 \mu V$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(11)=3.95$ ,  $p=.033$ ,  $d=1.11$ ;  $M_{HD,[F+]-HD,[F-]}=1.10 \mu V$ ,  $ES=0.29$ ,  $t(18)=3.82$ ,  $p=.023$ ,  $d=1.18$ ). Il n'y avait pas d'effet significatif de la Condition au post-test dans cette région.

En région postérieure, l'analyse de l'interaction de plus haut niveau à cinq termes n'a pas révélé d'effet significatif. Les deux interactions à trois termes significatives ont donc été suivies de tests post-hoc. L'analyse de l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère a révélé une positivité significative dans l'hémisphère droit au pré-test seulement ( $M_{[F+]-[F-]}=0.89 \mu V$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(27)=3.74$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.85$ ). Les tests réalisés sur l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Compétence ont eux montré un effet de Condition significatif au post-test pour les participants les plus compétents uniquement ( $M_{[F+]-[F-]}=0.83 \mu V$ ,  $ES=0.28$ ,  $t(19)=2.94$ ,  $p=.038$ ,  $d=0.88$ ).

Il semble que la présence de la frontière prosodique après le VP2 provoquait bien une positivité similaire à une CPS, mais celle-ci était plus réduite que pour la première frontière, contrairement à ce que Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018) ont observé. Cette positivité était significative sur les électrodes de la

| Électrodes | Région | Effet                           | df     | F     | p     | $\eta_p^2$ |
|------------|--------|---------------------------------|--------|-------|-------|------------|
| Médiales   | Ant    | Cond                            | 1,26   | 9.89  | .004  | 0.27       |
|            | Cent   | Cond                            | 1,30   | 10.10 | .025  | 0.25       |
|            | Post   | Cond                            | 1,30   | 12.39 | .001  | 0.30       |
| Latérales  | Ant    | Cond                            | 1,27   | 18.05 | .0002 | 0.40       |
|            |        | Cond × Hem                      | 1,31   | 4.76  | .037  | 0.13       |
|            |        | Cond × Ses × Comp               | 2,38   | 8.24  | .001  | 0.30       |
|            |        | Cond × Ses × Hem<br>× Comp      | 2,1396 | 8.75  | .0002 | 0.01       |
|            |        | Cond × Ses × Comp<br>× Gp       | 2,38   | 5.50  | .008  | 0.22       |
|            | Cent   | Cond                            | 1,23   | 14.49 | .0009 | 0.39       |
|            |        | Cond × Hem                      | 1,31   | 9.01  | .005  | 0.23       |
|            |        | Cond × Ses × Comp               | 2,36   | 3.72  | .034  | 0.17       |
|            |        | Cond × Ses × Hem<br>× Comp      | 2,571  | 4.32  | .014  | 0.01       |
|            |        | Cond                            | 1,9    | 15.29 | .003  | 0.62       |
|            | Post   | Cond × Hem                      | 1,29   | 9.82  | .004  | 0.25       |
|            |        | Cond × Ses × Hem                | 2,1604 | 3.25  | .039  | 0.52       |
|            |        | Cond × Ses × Comp               | 2,9    | 4.65  | .042  | 0.004      |
|            |        | Cond × Ses × Hem<br>× Comp      | 2,1352 | 3.40  | .034  | 0.005      |
|            |        | Cond × Ses × Hem<br>× Comp × Gp | 2,1352 | 3.69  | .025  | 0.005      |

TABLEAU 11.15 – Résultats des analyses pour la deuxième CPS chez les apprenants (Cond : Condition (Frontière/Pas de Frontière), Ses : Session (Pré-test/Post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (Haute/Basse), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique))

ligne médiale aux deux sessions de test et pour tous les groupes. En revanche, elle ne s'étendait aux électrodes latérales que lors du pré-test : en région antérieure, centrale et postérieure pour les participants les moins compétents, et en région postérieure droite uniquement pour les plus compétents. Au post-test, la positivité n'était présente aux électrodes latérales qu'en région postérieure et pour les participants ayant le *d'* le plus élevé.

En zone médiale, les analyses sur l'amplitude de la différence (Modèles 18 a et b) ont seulement révélé un effet marginal de la Région ( $F(2,44)=2.60$ ,  $p=.086$ ,  $\eta_p^2=0.10$ ). Aux électrodes latérales, l'interaction significative de plus haut niveau était Session × Hémisphère × Compétence × Groupe (voir Tableau 11.16), mais les analyses a posteriori n'ont pas révélé de paires significatives, de même que pour

l’interaction Session × Hémisphère × Compétence. Les analyses sur l’interaction Ses-

| Effet                 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|-----------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Reg                   | 2,33      | 3.66     | .037     | 0.18       |
| Hem                   | 1,31      | 10.22    | .003     | 0.25       |
| Ses × Hem             | 1,1271    | 5.51     | .018     | 0.004      |
| Ses × Hem × Comp      | 1,1213    | 13.44    | .0003    | 0.01       |
| Ses × Hem × Comp × Gp | 1,1213    | 6.42     | .011     | 0.005      |

TABLEAU 11.16 – Résultats des analyses sur l’amplitude de la différence Frontière - Pas de Frontière pour la deuxième CPS chez les apprenants aux électrodes latérales (Ses : Session (Pré-test/Post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (Haute/Basse), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique))

sion × Hémisphère ont révélé que l’amplitude de la CPS était plus grande après l’entraînement qu’avant dans l’hémisphère droit seulement ( $M_{s2-s1}=0.64\mu V$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(8)=2.58$ ,  $p=.032$ ,  $d=0.44$ ) L’effet principal de Région reflétait le fait que l’amplitude de la CPS était supérieure dans la région centrale par rapport à la région postérieure ( $M_{Cent-Post}=0.24\mu V$ ,  $ES=0.09$ ,  $t(32)=2.52$ ,  $p=.044$ ,  $d=0.17$ ).

Après le deuxième syntagme verbal, la présence d’une frontière prosodique était bien détectée par les participants et provoquait une CPS majoritairement localisée dans l’hémisphère droit, avec une localisation quelque peu différente de la première CPS et davantage antéro-centrale.

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** Aucun effet de Groupe n’était significatif dans cette Condition. Il n’y avait pas d’effet significatif du Groupe ou de la Session sur la latence du pic.

### 11.2.1.3 Comparaison de la CPS1 et de la CPS2

Suivant Pauker *et al.* (2011), les effets de CPS1 et de CPS2 ont été comparés avec un modèle sur l’amplitude de l’effet entre 0 et 600 ms incluant comme effets fixes la Condition (CPS1 / CPS2), l’Hémisphère (Gauche / Ligne Médiale / Droit), la Compétence (Haute / Basse) et pour les apprenants la Session et le Groupe. Des modèles différents ont été calculés pour chaque région et séparément pour apprenants (Modèle 22) et locuteurs natifs (Modèle 21).

**Locuteurs natifs** Il n’y avait pas de différence entre CPS1 et CPS2 pour les locuteurs natifs.

**Apprenants** En région antérieure, l'effet de la Condition était significatif ( $F(1,25)=8.44, p=.008, \eta_p^2=0.25$ ) : la CPS1 était plus ample que la CPS2 ( $M_{CPS1-CPS2}=0.48 \mu V, ES=0.17, t(25)=2.91, p=.008, d=0.35$ ). L'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence était également significative ( $F(4,854)=3.20, p=.013, \eta_p^2=0.02$ ), mais les analyses a posteriori n'ont révélé qu'une différence marginale entre CPS1 et CPS2 sur les électrodes médiales au post-test, pour les participants ayant un niveau de compétence faible ( $M_{CPS1-CPS2}=1.23 \mu V, ES=0.38, t(29)=3.29, p=.089, d=1.19$ ). En région centrale, l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence était de nouveau significative ( $F(4,654)=2.84, p=.024, \eta_p^2=0.02$ ), mais les analyses a posteriori n'ont pas révélé de paires significativement différentes. L'interaction Condition  $\times$  Groupe était, elle, marginalement significative ( $F(1,26)=3.57, p=.070, \eta_p^2=0.12$ ) : la CPS1 était plus grande que la CPS 2 pour les participants du groupe M uniquement ( $M_{CPS1-CPS2}=0.65 \mu V, ES=0.27, t(29)=2.39, p=.024, d=0.50$ ). En région postérieure, aucune interaction n'impliquant la Condition n'était significative.

#### 11.2.1.4 Négativités pré-CPS

Pour examiner la significativité de la négativité présente avant la CPS trouvée dans d'autres études telles que celle de Pauker *et al.* (2011), des analyses ont été réalisées sur une fenêtre courte précédent le point critique pour la CPS dans les deux positions. Comme les figures suggéraient que la CPS commençait avant le point critique (ce qui n'est pas surprenant étant donné que des indices tels que l'intonation ou l'allongement pré-final peuvent signaler la présence de la pause avant la fin du mot), les analyses ont été réalisées entre -400 et -200 ms. Des modèles séparés ont été calculés par région mais les électrodes de la ligne médiale et latérale ont été incluses dans le même modèle avec un facteur Hémisphère à trois niveaux (Hémisphère Gauche, Ligne Médiale, Hémisphère Droit).

#### Locuteurs natifs

**CPS1** Les analyses conduites sur la négativité précédant la CPS1 entre -400 et -200 ms ont révélé un effet de l'interaction entre Condition et Hémisphère en région antérieure ( $F(2,458)=10.14, p<.0001, \eta_p^2=0.04$ ), centrale ( $F(2,170)=5.07, p=.007, \eta_p^2=0.06$ ) et marginalement postérieure ( $F(2,458)=2.66, p=.071, \eta_p^2=0.11$ ). L'effet de Condition était uniquement significatif en zone médiale, et il s'agissait bien d'une négativité ( $M_{Ant,[F+]-Ant,[F-]}=-0.17 \mu V, ES=0.08, t(20)=-2.10, p=.048, d=0.52$ ;  $M_{Cent,[F+]-Cent[F-]}=-0.26 \mu V, ES=0.07, t(37)=-3.58, p=.001, d=0.71$ ). L'interaction Condition  $\times$  Compétence était également significative en région antérieure ( $F(1,14)=10.36, p=.006, \eta_p^2=0.42$ ) et centrale ( $F(1,15)=6.27, p=.024, \eta_p^2=0.30$ ) :

la négativité pré-CPS n’était présente que chez les locuteurs ayant un haut niveau de compétence ( $M_{Ant,[F+]-Ant,[F-]}=-0.32 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.11$ ,  $t(14)=-3.01$ ,  $p=.009$ ,  $d=1.21$ ;  $M_{Cent,[F+]-Ant,[F-]}=-0.30 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.08$ ,  $t(15)=-3.68$ ,  $p=.002$ ,  $d=1.25$ ). En région postérieure, l’effet significatif de plus haut niveau était un effet principal de la Condition ( $F(1,14)=10.83$ ,  $p=.005$ ,  $\eta_p^2=0.43$ ) confirmant la présence de la négativité pré-CPS ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.19 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.06$ ,  $t(14)=-3.29$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.73$ ). Chez les locuteurs natifs, la CPS en première position était donc précédée d’une négativité postérieure pour tous, et s’étendant aux régions antérieure et centrale en zone médiale uniquement pour les participants les plus performants.

**CPS2** L’effet de Condition était significatif en région centrale ( $F(1,14)=6.18$ ,  $p=.026$ ,  $\eta_p^2=0.30$ ) et postérieure ( $F(1,14)=6.49$ ,  $p=.024$ ,  $\eta_p^2=0.31$ ). Cependant, l’effet de plus haut niveau était l’interaction Condition  $\times$  Hémisphère, significative en région antérieure ( $F(2,444)=9.06$ ,  $p=.0001$ ,  $\eta_p^2=0.04$ ), centrale ( $F(2,170)=7.18$ ,  $p=.001$ ,  $\eta_p^2=0.08$ ) et postérieure ( $F(2,457)=3.80$ ,  $p=.023$ ,  $\eta_p^2=0.02$ ). En région antérieure, la négativité était significative en zone médiale ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.32 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(16)=-2.57$ ,  $p=.021$ ,  $d=0.76$ ) et marginalement dans l’hémisphère gauche ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.24 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.12$ ,  $t(14)=-1.93$ ,  $p=.074$ ,  $d=0.66$ ). En région centrale, la négativité était significative en zone médiale ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.39 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.12$ ,  $t(18)=-3.13$ ,  $p=.006$ ,  $d=0.88$ ) et dans l’hémisphère gauche ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.28 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.12$ ,  $t(15)=-2.39$ ,  $p=.031$ ;  $d=0.77$ ). En région postérieure, l’effet de Condition était significatif en zone médiale ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.33 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.11$ ,  $t(17)=-3.01$ ,  $p=.008$ ,  $d=0.77$ ), dans l’hémisphère gauche ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.25 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.10$ ,  $t(15)=-2.38$ ,  $p=.032$ ,  $d=0.72$ ) et marginalement significatif dans l’hémisphère droit ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.22 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.10$ ,  $t(15)=-2.09$ ,  $p=.055$ ,  $d=0.58$ ). La CPS2 était donc précédée d’une négativité plus large qu’avant la CPS1, non conditionnée par la compétence, maximale en zone médiale et s’étendant dans l’hémisphère gauche voire l’hémisphère droit en région postérieure.

## Apprenants

**CPS1** Les effets significatifs des analyses conduites sur la négativité précédent la CPS1 entre  $-400$  et  $-200$  ms sont rapportées dans le Tableau 11.17. Dans toutes les régions, les analyses post-hoc des interactions n’ont pas révélé d’effet de la Condition. En revanche, l’effet de la Condition était marginalement significatif en région antérieure ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.12 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.07$ ,  $t(28)=-1.77$ ,  $p=.087$ ,  $d=0.34$ ) et significatif en région centrale ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.16 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.07$ ,  $t(28)=-2.19$ ,  $p=.037$ ,  $d=0.46$ ) et postérieure ( $M_{[F+]-[F-]}=-0.15 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.07$ ,  $t(28)=-2.07$ ,  $p=.048$ ,  $d=0.43$ ).

| Région | Effet                    | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|--------|--------------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Ant    | Cond                     | 1,28      | 3.15     | .087     | 0.10       |
|        | Cond × Ses × Hem × Comp  | 4,1809    | 3.01     | .017     | 0.006      |
|        | Cond × Ses × Hem × Gp    | 4,1809    | 5.13     | .0004    | 0.01       |
|        | Cond × Ses × Comp × Gp   | 2,28      | 4.37     | .022     | 0.23       |
| Cent   | Cond                     | 1,28      | 4.78     | .037     | 0.15       |
|        | Cond × Ses × Gp          | 2,29      | 3.51     | .043     | 0.20       |
|        | Cond × Ses × Hem × Gp    | 4,681     | 3.87     | .004     | 0.02       |
|        | Cond × Ses × Comp × Comp | 2,29      | 3.41     | .047     | 0.19       |
| Post   | Cond                     | 1,28      | 4.29     | .048     | 0.13       |
|        | Cond × Ses × Gp          | 2,28      | 4.05     | .028     | 0.22       |
|        | Cond × Ses × Hem × Gp    | 4,1795    | 7.26     | <.0001   | 0.02       |

TABLEAU 11.17 – Résultats des analyses pour la négativité pré-CPS1 pour les apprenants (Ant : Antérieure, Cent : Centrale, Post : Postérieure)

**CPS2** Les effets significatifs des analyses conduites sur la négativité précédent la CPS2 entre -400 et -200 ms sont rapportées dans le Tableau 11.18. Les analyses post-hoc des interactions en région antérieure et centrale n'ont pas révélé d'effet significatif de la Condition. L'analyse de l'interaction Condition × Hémisphère en région postérieure a révélé un effet significatif de la Condition dans l'hémisphère gauche ( $M_{[F+]-[F-]} = -0.17 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.06$ ,  $t(28)=-2.61$ ,  $p=.014$ ,  $d=0.49$ ) et marginalement significatif en zone médiale ( $M_{[F+]-[F-]} = -0.18 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.09$ ,  $t(28)=-2.00$ ,  $p=.055$ ,  $d=0.42$ ).

## 11.2.2 Effets de *garden-path*

### 11.2.2.1 P600 entre A et D : présence d'une frontière après le SV1 contre absence de frontière

**Locuteurs natifs** Les conditions A (résolution tardive) et D (frontière prosodique manquante) ont été comparées au niveau du début du deuxième syntagme verbal. Les effets en potentiels évoqués sont visibles dans la Figure 11.11. L'inspection visuelle de cette figure suggère la présence d'une différence positive entre les conditions D et A dès 400 ms et maximale autour de 800 ms. La latence moyenne du pic d'amplitude maximale entre 400 et 1300 ms était de 601 ms ( $ET=99.52 \text{ ms}$ ). Suivant Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018), des analyses dans les fenêtres 400-750 ms (Modèles 27 et 28) et 750-1300 ms (Modèles 30 et 31) ont été réalisées.

**400-750 ms** Les analyses aux électrodes de la ligne médiale ont révélé un effet significatif de la Condition entre 400 et 750 ms en région postérieure ( $F(1,14)=8.72$ ,

| Région | Effet                        | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|--------|------------------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Ant    | Cond × Ses                   | 2,54      | 5.24     | .008     | 0.16       |
|        | Cond × Ses × Comp            | 2,54      | 4.25     | .019     | 0.14       |
|        | Cond × Hem × Gp              | 4,46      | 2.48     | .057     | 0.18       |
|        | Cond × Ses × Hem × Gp        | 4,1860    | 3.20     | .013     | 0.007      |
| Cent   | Cond × Ses                   | 2,54      | 4.41     | .017     | 0.14       |
|        | Cond × Ses × Comp × Gp       | 2,54      | 3.80     | .029     | 0.12       |
| Post   | Cond × Hem                   | 4.33      | 2.94     | .035     | 0.26       |
|        | Cond × Ses × Hem × Gp        | 4,1812    | 4.74     | .0008    | 0.01       |
|        | Cond × Ses × Comp × Gp       | 2,29      | 3.38     | .048     | 0.19       |
|        | Cond × Ses × Hem × Comp × Gp | 4,1812    | 2.80     | .025     | 0.006      |

TABLEAU 11.18 – Résultats des analyses pour la négativité pré-CPS2 pour les apprenants (Ant : Antérieure, Cent : Centrale, Post : Postérieure)

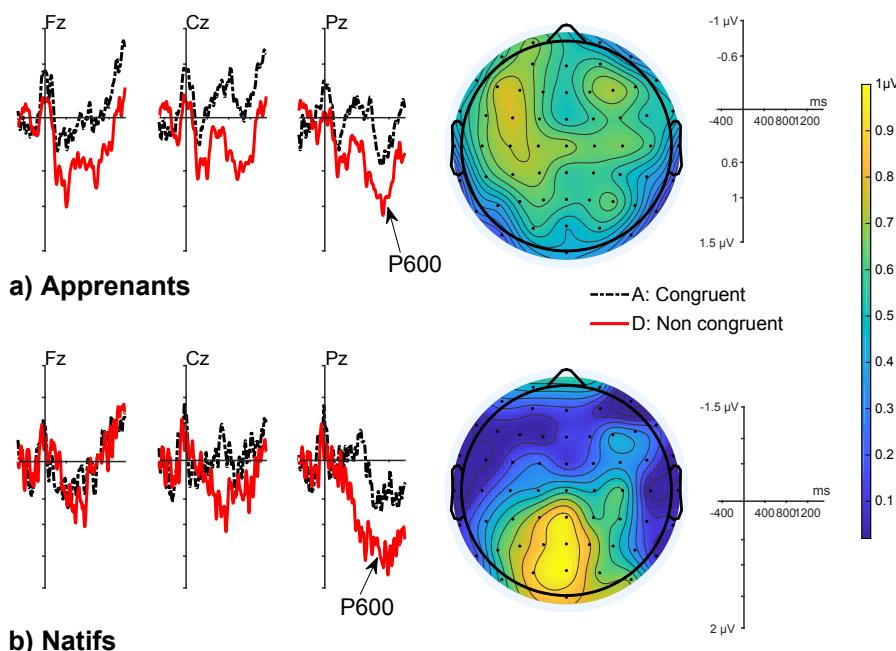


FIGURE 11.11 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants (a) et les natifs (b) en réponse à l'effet de *garden-path* en condition D (frontière prosodique manquante) et sa contrepartie congruente A, et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions D et A entre 750 et 1300 ms (Axe horizontal : temps de -400 à 1200 ms par pas de 400 ms ; axe vertical : amplitude de -1 à 1.5  $\mu$ V et de -1.5 à 2  $\mu$ V par pas de 0.5  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

$p=.011$ ,  $\eta_p^2=0.38$ ), l'amplitude dans la condition Incongruente (D) étant plus positive que dans la condition Congruente (A) ( $M_{D-A}=1.04 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.35$ ,  $t(14)=2.95$ ,  $d=0.83$ ). Cet effet était marginalement significatif en région centrale ( $F(1,14)=3.78$ ,  $p=.073$ ,  $\eta_p^2=0.21$ ). Aux électrodes latérales, l'effet de Condition était seulement marginalement significatif en région postérieure ( $F(1,14)=3.99$ ,  $p=.066$ ,  $\eta_p^2=0.22$ ), l'amplitude en condition D étant encore une fois supérieure à l'amplitude en condition A ( $M_{D-A}=0.57 \mu\text{V}$ ,  $ES = 0.28$ ,  $t(14)=2.00$ ,  $p=.066$ ,  $d=0.52$ ). Les analyses sur la différence d'amplitude entre les conditions Incongruente (D) et Congruente (A) (Modèles 29 a et b) n'ont pas révélé d'effet significatif.

**750-1300 ms** La latence moyenne du pic d'amplitude maximal de la différence dans cette fenêtre était de 1046 ms ( $ET=179 \text{ ms}$ ). L'effet de la Condition était significatif aux électrodes médiales en région postérieure uniquement ( $F(1,14)=5.42$ ,  $p=.035$ ,  $\eta_p^2=0.28$ ) : l'incongruence prosodique causée par l'absence de frontière provoquait une positivité ( $M_{D-A}=0.91 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.38$ ,  $t(14)=2.33$ ,  $d=0.49$ ). Aucun effet n'était significatif aux électrodes latérales.

L'analyse sur la différence d'amplitude entre conditions D et A (Modèles 32 a et b) a révélé un effet marginalement significatif de la Région en zone médiale ( $F(2,20)=3.33$ ,  $p=.056$ ,  $\eta_p^2=0.25$ ), suggérant que l'amplitude de l'effet était plus grande en région postérieure qu'antérieure ( $M_{Post-Ant}=0.83 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.33$ ,  $t(14)=2.52$ ,  $p=.060$ ,  $d=0.49$ ).

L'absence de frontière prosodique là où elle était attendue provoquait donc une positivité postérieure uniquement sur les électrodes de la ligne médiale, soit une P600 à la localisation très restreinte, dès 400 ms. La P600 visible sur les figures n'était donc statistiquement significative que sur les électrodes de la ligne médiale.

**Apprenants** L'inspection des potentiels évoqués présentés en Figure 11.11 suggère la présence d'une P600 plutôt maximale autour de 900 ms. Dans un souci de comparabilité avec Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018), la même fenêtre temporelle d'analyse a été choisie : entre 750 et 1300 ms. La latence moyenne du pic d'amplitude maximale de l'effet était de 1008 ms ( $ET=168 \text{ ms}$ ). Le détail des résultats significatifs des analyses (Modèles 33 et 34) est rapporté dans le Tableau 11.19.

L'effet de Condition était significatif dans toutes les régions sur les électrodes de la ligne médiale : l'amplitude était davantage positive lorsque la frontière prosodique manquait (condition Incongruente<sup>53</sup>) ( $M_{Ant,Inc-Ant,Cor}=0.62 \mu\text{V}$ ,

53. Les abréviations Inc pour Incorrect (prosodie incongruente, frontière manquante) et Cor pour Correct (prosodie congruente, frontière présente) sont utilisées ici plutôt que la notation [F+] et [F-] par soucis de clarté. En effet, [F+] correspondrait ici à la condition contrôle, contrairement à ce qui était le cas pour l'analyse de la CPS.

| Électrodes | Région | Effet             | df    | F     | p      | $\eta_p^2$ |
|------------|--------|-------------------|-------|-------|--------|------------|
| Médiales   | Ant.   | Cond              | 1,21  | 9.96  | .005   | 0.32       |
|            | Cent.  | Cond              | 1,30  | 11.97 | .002   | 0.28       |
|            | Post.  | Cond              | 1,31  | 7.77  | .009   | 0.20       |
| Latérales  | Ant.   | Cond              | 1,28  | 29    | <.0001 | 0.51       |
|            |        | Cond × Hem × Comp | 2,139 | 4.85  | .009   | 0.07       |
|            |        | Cond × Comp × Gp  | 2,24  | 5.34  | .012   | 0.31       |
|            | Cent.  | Cond              | 1,25  | 28.38 | <.0001 | 0.53       |
|            |        | Cond × Hem × Comp | 2,92  | 5.05  | .008   | 0.10       |
|            | Post.  | Cond              | 1,26  | 17.80 | .0003  | 0.40       |
|            |        | Cond × Hem × Comp | 2,77  | 6.35  | .003   | 0.14       |
|            |        | Cond × Comp × Gp  | 2,19  | 3.83  | .040   | 0.29       |

TABLEAU 11.19 – Résultats des analyses pour l’effet de *garden-path* entre A et D (frontière manquante) chez les apprenants (Ant : Antérieure, Cent : Centrale, Post : Postérieure; Cond : Condition (Frontière présente (prosodie congruente)/Frontière manquante (prosodie incongruente)), Ses : Session (Pré-test/Post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (Haute/Basse), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique))

$ES=0.20$ ,  $t(21)=3.16$ ,  $p=.005$ ,  $d=0.34$ ;  $M_{Cent,Inc-Cent,Cor}=0.81 \mu V$ ,  $ES=0.23$ ,  $t(30)=3.45$ ,  $p=.002$ ,  $d=0.42$ ;  $M_{Post,Inc-Post,Cor}=0.66 \mu V$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(31)=2.79$ ,  $p=.009$ ,  $d=0.38$ ). Aux électrodes latérales, en région Antérieure, deux interactions à trois termes étaient significatives (voir Tableau 11.19). L’analyse de l’interaction Condition × Hémisphère × Compétence a révélé un effet de Condition dans les deux hémisphères pour les participants ayant une compétence élevée ( $M_{HG,Inc-HG,Cor}=0.70 \mu V$ ,  $ES=0.20$ ,  $t(22)=3.58$ ,  $p=.008$ ,  $d=0.40$ ;  $M_{HD,Inc-HD,Cor}=0.70 \mu V$ ,  $ES=0.20$ ,  $t(22)=3.44$ ,  $p=.012$ ,  $d=0.40$ ) comme faible ( $M_{HG,Inc-HG,Cor}=0.87 \mu V$ ,  $ES=0.19$ ,  $t(20)=4.63$ ,  $p=.0009$ ,  $d=57$ ;  $M_{HD,Inc-HD,Cor}=0.76 \mu V$ ,  $ES=0.19$ ,  $t(20)=4.06$ ,  $p=.003$ ,  $d=0.48$ ). L’analyse de l’interaction Condition × Compétence × Groupe a montré que l’effet de la non congruence de la prosodie n’était significatif que chez les participants les moins compétents dans le groupe Explicite ( $M_{Inc-Cor}=1.31 \mu V$ ,  $ES=0.27$ ,  $t(18)=4.91$ ,  $p=.0006$ ,  $d=1.03$ ) mais chez les plus compétents dans le groupe Mélodique ( $M_{Inc-Cor}=0.94 \mu V$ ,  $ES=0.29$ ,  $t(20)=3.25$ ,  $p=.019$ ,  $d=0.49$ ) (voir Figure 11.12). En région centrale, l’analyse de l’interaction Condition × Hémisphère × Compétence a montré la présence d’une positivité significative dans les deux hémisphères pour les participants du groupe de compétence Élevée ( $M_{HG,Inc-HG,Cor}=0.73 \mu V$ ,  $ES=0.21$ ,  $t(23)=3.43$ ,  $p=.012$ ,  $d=0.41$ ;  $M_{HD,Inc-HD,Cor}=0.77 \mu V$ ,  $ES=0.19$ ,  $t(22)=3.97$ ,  $p=.003$ ,  $d=0.46$ ) et Faible ( $M_{HG,Inc-HG,Cor}=0.99 \mu V$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(13)=3.88$ ,  $p=.009$ ,  $d=0.71$ ;  $M_{HD,Inc-HD,Cor}=0.81 \mu V$ ,  $ES=0.23$ ,  $t(14)=3.52$ ,  $p=.016$ ,  $d=0.49$ ) (voir Figure 11.12). En région postérieure, l’analyse de cette même interaction Condition ×

Hémisphère × Compétence a révélé la présence d'une positivité dans les deux hémisphères pour le groupe de compétence Élevée ( $M_{HG,Inc-HG,Cor}=0.66 \mu V$ ,  $ES=0.20$ ,  $t(19)=3.31$ ,  $p=.012$ ,  $d=0.40$ ;  $M_{HD,Inc-HD,Cor}=0.61 \mu V$ ,  $ES=0.20$ ,  $t(20)=3.02$ ,  $p=.031$ ,  $d=0.41$ ) et dans l'hémisphère gauche pour le groupe de compétence Faible ( $M_{HG,Inc-HG,Cor}=0.67 \mu V$ ,  $ES=0.19$ ,  $t(12)=3.43$ ,  $p=.023$ ,  $d=0.54$ ;  $M_{HD,Inc-HD,Cor}=0.64 \mu V$ ,  $ES=0.25$ ,  $t(15)=2.55$ ,  $p=.093$ ,  $d=0.41$ ). Les tests réalisés sur l'interaction Condition × Compétence × Groupe ont montré que l'effet de Condition était significatif chez les participants du groupe Explicite les moins compétents ( $M_{Inc-Cor}=1.21 \mu V$ ,  $ES=0.33$ ,  $t(13)=3.62$ ,  $p=.016$ ,  $d=0.81$ ) et seulement marginalement significatif chez les participants du groupe Mélodique les plus compétents ( $M_{Inc-Cor}=0.82 \mu V$ ,  $ES=0.29$ ,  $t(18)=2.80$ ,  $p=.054$ ,  $d=0.50$ ) (voir Figure 11.12).

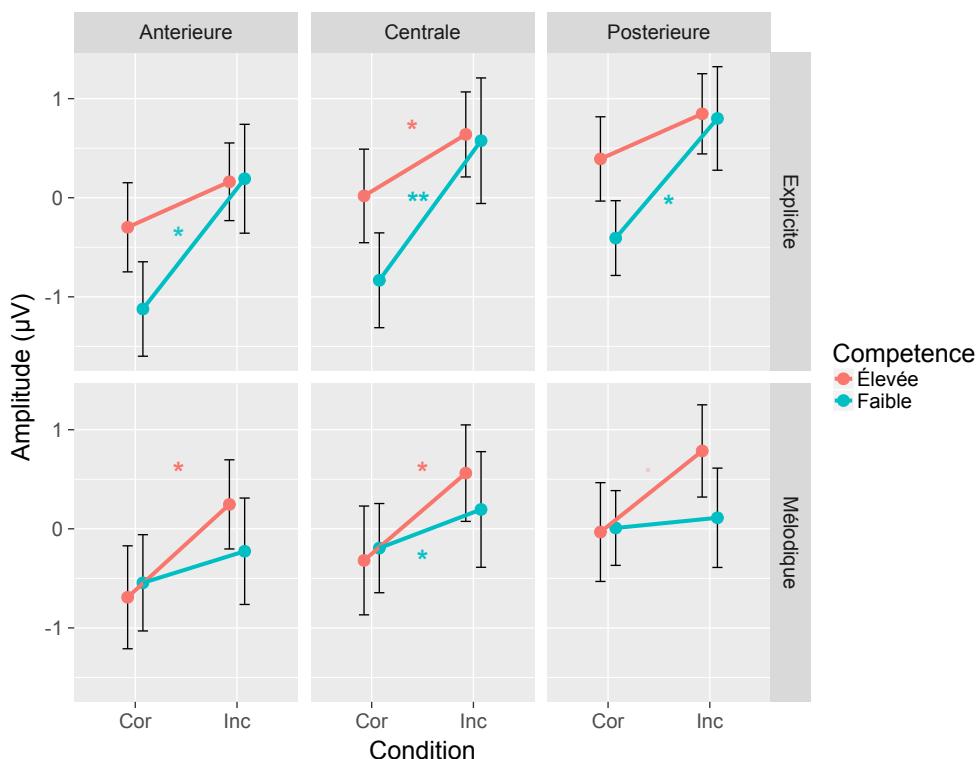


FIGURE 11.12 – Amplitude en fonction de la Condition, Compétence, Région, et du Groupe pour la P600 dans les conditions A et D (frontière manquante) chez les apprenants aux électrodes latérales (Condition : Cor = Correct (Condition contrôle A, prosodie congruente), Inc = Incorrect (Condition avec prosodie incongruente D, frontière manquante). Code de significativité : . :  $p<.1$ , \* :  $p<.05$ , \*\* :  $p<.01$ , \*\*\* :  $p<.0001$ . Les barres d'erreurs représentent l'Erreur Standard)

Les analyses sur la différence D-A (Modèles 35 a et b) ont révélé un certain nombre d'effet significatifs aux électrodes latérales, rapportés dans le Tableau 11.20.

Il n'y avait pas d'effet significatif sur les électrodes de la ligne médiale. L'analyse

| Effet                 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|-----------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Reg                   | 2,44      | 4.00     | .026     | 0.16       |
| Ses × Hem             | 1,2007    | 6.05     | .014     | 0.003      |
| Comp × Gp             | 1,14      | 14.45    | .002     | 0.52       |
| Ses × Comp × Hem × Gp | 1,1826    | 8.68     | .003     | 0.005      |

TABLEAU 11.20 – Résultats des analyses sur l'amplitude de la différence pour l'effet de *garden-path* entre A et D chez les apprenants aux électrodes latérales (Reg : Région, Ses : Session (Pré-test/Post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (Haute/Basse), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique))

de l'interaction de plus haut niveau n'a pas révélé de paires significativement différentes. Les tests suivant l'interaction Condition × Groupe ont montré un effet inverse de la compétence sur l'amplitude de l'effet chez les deux groupes de participants : chez les participants du groupe Explicite, l'amplitude de l'effet était plus positive chez les participants les moins compétents que chez les plus compétents ( $M_{\text{Élevée-Faible}} = -1.12 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.34$ ,  $t(9)=-3.27$ ,  $p=.009$ ,  $d=0.78$ ), alors que c'était l'inverse chez les participants du groupe Mélodique ( $M_{\text{Élevée-Faible}} = 0.73 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.35$ ,  $t(19)=2.12$ ,  $p=.048$ ,  $d=0.47$ ). Cette interaction correspond aux résultats observés sur les régions antérieure et postérieure aux électrodes latérales : l'effet de Condition n'était significatif que pour les participants du groupe Explicite les moins compétents et les participants du groupe Mélodique les plus compétents, c'est-à-dire parmi ceux pour qui la frontière manquante provoquait une positivité. Enfin, l'analyse de l'effet de Région a montré que l'amplitude de l'effet de Condition était supérieure en région centrale par rapport à la région postérieure ( $M_{\text{Cent-Post}} = 0.18 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.06$ ,  $t(54)=2.83$ ,  $p=.018$ ,  $d=0.12$ ).

Le décalage prosodie-syntaxe provoqué par la frontière manquante provoquait donc bien une positivité dans la fenêtre 750-1300 ms, comme observé par [Nickels et al. \(2013\)](#) et [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#). Cette positivité avait cependant une distribution assez large : elle était présente dans toutes les régions aux électrodes de la ligne médiale. Elle était également significative pour tous en région centrale aux électrodes latérale, et c'est dans cette région que l'amplitude de l'effet était maximale. En revanche, elle s'étendait aussi en région antérieure et postérieure de manière inversée selon le groupe d'entraînement : l'effet était significatif dans ces régions pour les participants du groupe Explicite les moins compétents et ceux du groupe Mélodique les plus compétents.

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** Aucun effet de Groupe n'était significatif dans cette Condition. Il n'y avait pas non plus d'effet de Groupe ni de Session sur la latence du pic.

### 11.2.2.2 N400 entre C et B : absence d'une frontière après le SV1 contre frontière superflue

**Locuteurs natifs** Contrairement à ce que Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Stein-hauer (2018) ont obtenu, aucun effet N400 n'a été observé entre 200 et 650 ms (toutes valeurs de  $p > .10$ , Modèles 36 et 37).

**Apprenants** Les analyses (Modèles 38 et 39) ont été réalisées dans la fenêtre 200-650 ms. Les potentiels évoqués sont visibles dans la Figure 11.14 (p. 316) et les effets significatifs dans le Tableau 11.21. La latence moyenne du pic positif chez les apprenants était de 432 ms ( $ET = 138$  ms). Aux électrodes médiales, l'analyse

| Zone     | Région | Effet                   | df     | F     | p     | $\eta_p^2$ |
|----------|--------|-------------------------|--------|-------|-------|------------|
| Médiale  | Ant.   | Cond                    | 1,23   | 5.35  | .030  | 0.19       |
|          |        | Cond × Groupe           | 2,32   | 7.49  | .002  | 0.32       |
|          |        | Cond × Ses × Comp       | 2,31   | 3.73  | .035  | 0.19       |
| Latérale | Ant.   | Cond                    | 1,27   | 14.85 | .0006 | 0.35       |
|          |        | Cond × Ses × Comp       | 2,38   | 3.48  | .041  | 0.16       |
|          |        | Cond × Ses × Hem × Gp   | 2,1617 | 6.63  | .001  | 0.008      |
|          |        | Cond × Hem × Comp × Gp  | 2,75   | 3.22  | .045  | 0.08       |
|          | Cent.  | Cond                    | 1,13   | 10.17 | .007  | 0.44       |
|          |        | Cond × Gp               | 2,18   | 5.97  | .010  | 0.39       |
|          |        | Cond × Ses × Comp       | 2,25   | 3.76  | .038  | 0.23       |
|          |        | Cond × Hem × Comp × Gp  | 2,53   | 4.80  | .012  | 0.15       |
|          | Post.  | Cond                    | 1,11   | 6.49  | .028  | 0.38       |
|          |        | Cond × Ses              | 2,15   | 6.00  | .012  | 0.45       |
|          |        | Cond × Hem              | 2,30   | 6.32  | .005  | 0.30       |
|          |        | Cond × Hem × Comp       | 2,65   | 4.64  | .013  | 0.12       |
|          |        | Cond × Ses × Hem × Comp | 2,1034 | 3.84  | .022  | 0.007      |
|          |        | Cond × Ses × Hem × Gp   | 2,1579 | 4.71  | .009  | 0.006      |

TABLEAU 11.21 – Résultats des analyses pour l'effet de *garden-path* dans les conditions C et B chez les apprenants entre 200 et 650 ms (Ant : Antérieure, Cent : Centrale, Post : Postérieure. Cond : Condition (Frontière/Pas de Frontière), Ses : Session (pré-test/post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (d'), Gpe : Groupe(Explicite/Mélodique))

de l'interaction Condition × Session × Compétence en région antérieure n'a pas révélé d'effet significatif de la Condition. L'analyse de l'interaction Condition × Groupe a montré que l'effet de Condition était uniquement présent chez les participants du groupe Mélodique, mais qu'il s'agissait d'une positivité et non de la négativité attendue ( $M_{Inc-Cor} = 0.83 \mu\text{V}$ ,  $ES = 0.22$ ,  $t(28) = 3.72$ ,  $p = .0009$ ,  $d = 0.80$ ).

Aux électrodes latérales, les analyses de l'interaction à quatre termes Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Groupe en région antérieure n'ont pas révélé d'effet significatif de la Condition. L'analyse de la deuxième interaction de plus haut niveau dans cette région (Condition  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence  $\times$  Groupe) a confirmé que l'effet de Condition était limité aux participants du groupe Mélodique, notamment à ceux ayant une compétence plus élevée, et restreint à l'hémisphère gauche ( $M_{Inc-Cor}=1.16 \mu V$ ,  $ES=0.35$ ,  $t(21)=3.35$ ,  $p=.050$ ,  $d=0.85$ ). Les tests post-hocs sur la même interaction en région centrale ont révélé une positivité significative uniquement pour les participants du groupe Mélodique les plus compétents, dans l'hémisphère gauche ( $M_{Inc-Cor}=1.33 \mu V$ ,  $ES=0.34$ ,  $t(20)=3.85$ ,  $p=.018$ ,  $d=1.17$ ) et marginalement dans l'hémisphère droit ( $M_{Inc-Cor}=1.04 \mu V$ ,  $ES=0.33$ ,  $t(19)=3.13$ ,  $p=.083$ ,  $d=0.80$ ). L'analyse des interactions en région Postérieure n'a montré qu'un effet marginal de la Condition pour le groupe Mélodique dans l'hémisphère gauche au post-test ( $M_{Inc-Cor}=0.99 \mu V$ ,  $ES=0.30$ ,  $t(14)=3.25$ ,  $p=.081$ ,  $d=1.00$ ).

Les analyses sur l'amplitude de la différence entre conditions C et B dans cette fenêtre (Modèles 40 a et b) ont révélé un effet de la Région ( $F(2,48)=3.67$ ,  $p=.033$ ,  $\eta_p^2=0.13$ ) et du Groupe ( $F(1,17)=7.34$ ,  $p=.015$ ,  $\eta_p^2=0.30$ ) aux électrodes de la ligne médiale. L'effet était plus positif en région antérieure par rapport à la région postérieure ( $M_{Ant-Post}=0.42 \mu V$ ,  $ES=0.15$ ,  $t(31)=2.69$ ,  $p=.030$ ,  $d=0.27$ ) et marginalement par rapport à la région centrale ( $M_{Ant-Cent}=0.26 \mu V$ ,  $ES=0.12$ ,  $t(40)=2.16$ ,  $p=.092$ ,  $d=0.17$ ). L'amplitude de l'effet était également plus grande pour le groupe M que le groupe E ( $M_{M-E}=0.93 \mu V$ ,  $ES=0.34$ ,  $t(17)=2.71$ ,  $p=.015$ ,  $d=0.61$ ), ce qui correspond au fait que l'effet de Condition n'était significatif que pour le groupe Mélodique. La latence moyenne du pic positif chez les participants du groupe Mélodique était de 434 ms ( $ET=144$  ms). Les effets significatifs aux électrodes latérales sont rapportés dans le Tableau 11.22. L'analyse de l'interaction de plus haut niveau

| Effet                                     | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|-------------------------------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Reg                                       | 2,39      | 6.24     | .004     | 0.24       |
| Comp $\times$ Hem                         | 1,37      | 11.57    | .002     | 0.24       |
| Hem $\times$ Gp                           | 1,29      | 4.22     | .049     | 0.13       |
| Ses $\times$ Reg $\times$ Hem $\times$ Gp | 2,1964    | 5.26     | .005     | 0.005      |

TABLEAU 11.22 – Résultats des analyses sur l'amplitude de la différence pour l'effet de *garden-path* entre B et C chez les apprenants entre 250 et 600 ms, aux électrodes latérales (Reg : Région, Ses : Session (Pré-test/Post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (Haute/Basse), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique))

n'a pas révélé d'effet significatif. L'effet de Région reflétait le fait que l'amplitude de l'effet était inférieure dans la région Postérieure par rapport aux deux autres régions ( $M_{Ant-Post}=0.37 \mu V$ ,  $ES=0.12$ ,  $t(29)=3.00$ ,  $p=.015$ ,  $d=0.26$ ;  $M_{Cent-Post}=0.26 \mu V$ ,  $ES=0.07$ ,  $t(31)=3.53$ ,  $p=.004$ ,  $d=0.18$ ). L'analyse de l'interaction Compétence  $\times$

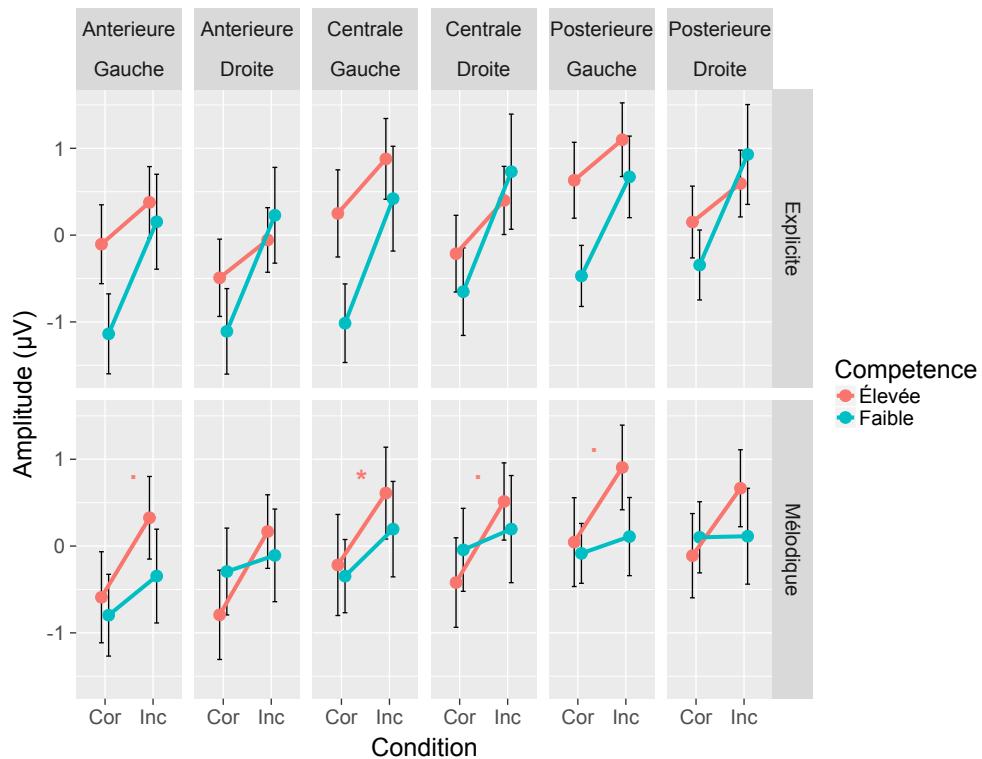


FIGURE 11.13 – Amplitude en fonction de la Condition, Compétence, Région, du Groupe et de l'Hémisphère entre 200 et 650 ms dans les conditions C et B (frontière superflue) chez les apprenants aux électrodes latérales (Condition : Cor = Correct (Condition contrôle B, prosodie congruente), Inc = Incorrect (Condition avec prosodie incongruente C, frontière superflue). Code de significativité : . :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ . Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 %)

Hémisphère a révélé que l'amplitude de l'effet était supérieure dans l'hémisphère gauche pour les participants ayant une compétence plus faible ( $M_{HD-HG}=0.28 \mu V$ ,  $ES=0.10$ ,  $t(35)=2.87$ ,  $p=.007$ ,  $d=0.18$ ) et, de manière marginalement significative, supérieure dans l'hémisphère droit pour les participants ayant une compétence plus élevée ( $M_{HG-HD}=0.14 \mu V$ ,  $ES=0.08$ ,  $t(31)=1.76$ ,  $p=.089$ ,  $d=0.12$ ). Les tests suivant l'interaction Groupe  $\times$  Hémisphère ont montré que l'amplitude de l'effet était supérieure pour les participants du groupe Mélodique mais seulement dans l'hémisphère gauche ( $M_{M-E}=0.72 \mu V$ ,  $ES=0.31$ ,  $t(24)=2.29$ ,  $p=.031$ ,  $d=0.50$ ).

Au lieu de la N400 attendue ici, on observait donc une positivité maximale en région antérieure et significative uniquement chez les participants du groupe Mélodique, en particulier ceux ayant un haut niveau de compétence.

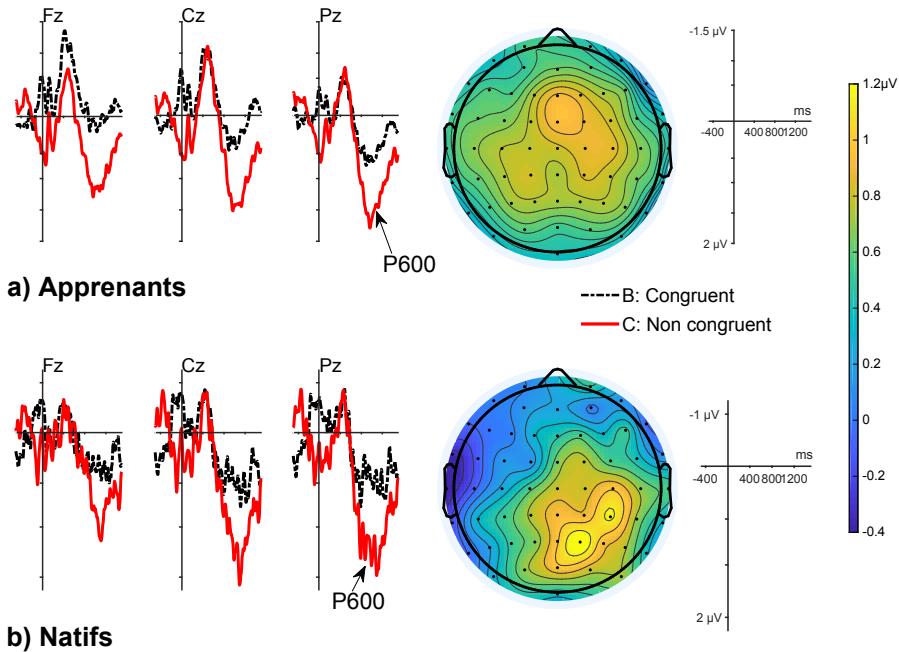


FIGURE 11.14 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants (a) et les natifs (b) en réponse à l'effet de *garden-path* en condition C (frontière prosodique superflue) et sa contrepartie congruente B, et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions C et B entre 700 et 1300 ms (Axe horizontal : temps de -400 à 1200 ms par pas de 400 ms ; axe vertical : amplitude de -1.5 à 2  $\mu$ V et de -1 à 2  $\mu$ V, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** Étant donné qu'aucun effet significatif de la Condition n'a été observé chez les locuteurs natifs ni chez les participants du groupe Explicite, l'amplitude de l'effet n'a pas été comparée entre les groupes dans cette fenêtre.

### 11.2.2.3 P600 entre C et B : absence d'une frontière après le SV1 contre frontière superflue

**Locuteurs natifs** Les potentiels évoqués dans cette condition sont visibles sur la Figure 11.14. L'inspection visuelle des courbes suggère la présence d'une P600 entre 700 et 1300 ms, comme ce qui a été observé par Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018). La latence moyenne du pic de la différence C-B était de 1059 ms ( $ET=161$  ms). Les analyses ont donc été réalisées sur l'amplitude de la réponse aux conditions C et B entre 700 et 1300 ms (Modèles 41 et 42). Aux électrodes médiales, l'interaction Condition  $\times$  Compétence était marginalement significative en région antérieure ( $F(1,14)=4.37$ ,  $p=.055$ ,  $\eta_p^2=0.24$ ) et centrale ( $F(1,14)=4.50$ ,  $p=.052$ ,  $\eta_p^2=0.24$ ) et significative en région postérieure ( $F(1,14)=6.23$ ,  $p=.026$ ,  $\eta_p^2=0.31$ ) : la présence de la frontière superflue provoquait une positivité chez les locuteurs du groupe de compétence Élevée uniquement ( $M_{C-B}=2.63 \mu V$ ,  $ES=0.95$ ,  $t(14)=2.77$ ,  $p=.015$ ,  $d=2.36$ ). Aux électrodes latérales, les interactions Condition  $\times$  Hémisphère et Condition  $\times$  Compétence étaient significatives en régions centrale et postérieure et marginalement significatives en région antérieure (voir Tableau 11.23). L'analyse

| Région      | Effet                         | df    | F     | p    | $\eta_p^2$ |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|------|------------|
| Antérieure  | Condition $\times$ Hémisphère | 1,16  | 4.10  | .060 | 0.21       |
|             | Condition $\times$ Compétence | 1,14  | 3.68  | .076 | 0.21       |
| Centrale    | Condition $\times$ Hémisphère | 1,146 | 10.77 | .001 | 0.06       |
|             | Condition $\times$ Compétence | 1,14  | 5.05  | .041 | 0.27       |
| Postérieure | Condition $\times$ Hémisphère | 1,18  | 8.04  | .011 | 0.30       |
|             | Condition $\times$ Compétence | 1,14  | 7.03  | .019 | 0.33       |

TABLEAU 11.23 – Résultats des analyses aux électrodes latérales pour l'effet de *garden-path* pour la frontière superflue après le SV1 (conditions C vs. B) chez les locuteurs natifs

de l'interaction Condition  $\times$  Hémisphère n'a pas révélé d'effet significatif de la Condition en région centrale ni en région postérieure. En revanche, les analyses réalisées sur l'interaction Condition  $\times$  Compétence ont révélé un effet de la Condition uniquement chez les participants du groupe de compétence Élevée en région centrale ( $M_{C-B}=1.72 \mu V$ ,  $ES=0.75$ ,  $t(14)=2.30$ ,  $p=.037$ ,  $d=1.56$ ) et postérieure ( $M_{C-B}=1.99 \mu V$ ,  $ES=0.72$ ,  $t(14)=2.77$ ,  $p=.015$ ,  $d=2.29$ ).

Les analyses sur la différence d'amplitude (Modèles 43 a et b) ont révélé un effet de la Compétence aux électrodes médiales ( $F(1,14)=5.28, p=.038, \eta_p^2=0.28$ ) : l'effet de P600 était plus grand chez les participants les plus compétents ( $M_{\text{Élevée-Faible}}=3.02 \mu\text{V}, ES=1.31, t(14)=2.30, d=1.17$ ), ce qui reflète le fait que la P600 n'était présente que chez les participants ayant un *d'* plus élevé. Ce même effet de Compétence se retrouvait aux électrodes latérales ( $F(1,12)=5.18, p=.041, \eta_p^2=0.29$ ;  $M_{\text{Élevée-Faible}}=2.37 \mu\text{V}, ES=1.04, t(13)=2.28, d=1.11$ ). Il y avait également un effet significatif de l'Hémisphère ( $F(1,12)=12.36, p=.004, \eta_p^2=0.50$ ) : l'amplitude de la positivité était supérieure dans l'hémisphère droit ( $M_{HD-HG}=0.47 \mu\text{V}, ES = 0.13, t(12)=3.52, d=0.19$ ).

La présence de la frontière superflue provoquait donc bien une P600 chez les locuteurs natifs, mais uniquement chez ceux qui parvenaient à discriminer explicitement les phrases des deux conditions — c'est-à-dire ceux qui obtenaient un meilleur *d'* sur le test d'acceptabilité des phrases des conditions C (résolution tardive, frontière superflue) et B (résolution tardive, prosodie congruente) (voir Figure 11.17 p. 323). Ces résultats sont semblables à ceux de [Pauker et al. \(2011\)](#), [Nickels et al. \(2013\)](#) et [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#).

**Apprenants** Les potentiels évoqués sont visibles dans la Figure 11.14 et les résultats significatifs des analyses entre 700 et 1300 ms (Modèles 44 et 45) dans le Tableau 11.24. La latence moyenne du pic d'amplitude de la différence était de 1026 ms ( $ET=180$  ms).

Aux électrodes médiales, dans la région antérieure, l'interaction significative de plus haut niveau était Condition  $\times$  Session  $\times$  Compétence. L'analyse de cette interaction a révélé que l'effet de Condition était significatif au pré-test pour les participants les plus compétents seulement ( $M_{C-B}=1.35 \mu\text{V}, ES=0.30, t(54)=4.49, p=.0002, d=1.05$ ) et au post-test pour les participants les moins compétents ( $M_{C-B}=1.66 \mu\text{V}, ES=0.37, t(81)=4.47, p=.0001, d=1.65$ ) (voir Figure 11.15). L'analyse de l'interaction Condition  $\times$  Compétence en région centrale a révélé un effet significatif de la Condition chez les participants ayant un niveau de compétence élevé ( $M_{C-B}=0.76 \mu\text{V}, ES=0.32, t(32)=2.35, p=.025, d=0.53$ ) et faible ( $M_{C-B}=0.88 \mu\text{V}, ES=0.41, t(39)=2.18, p=.035, d=0.59$ ). Comme en région antérieure, l'analyse de la triple interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Compétence en région centrale a révélé un effet marginalement significatif de la Condition chez les participants les plus compétents au pré-test ( $M_{C-B}=1.09 \mu\text{V}, ES=0.40, t(23)=2.73, p=.055, d=0.82$ ) et un effet significatif chez les participants les moins compétents lors du post-test ( $M_{C-B}=1.17 \mu\text{V}, ES=0.33, t(11)=3.53, p=.021, d=1.05$ ).

Aux électrodes latérales, deux interactions à quatre termes étaient significatives en régions antérieure et centrale. L'analyse de l'interaction Condition  $\times$  Hémisphère  $\times$  Compétence  $\times$  Groupe n'a pas révélé de paire significative, ni en

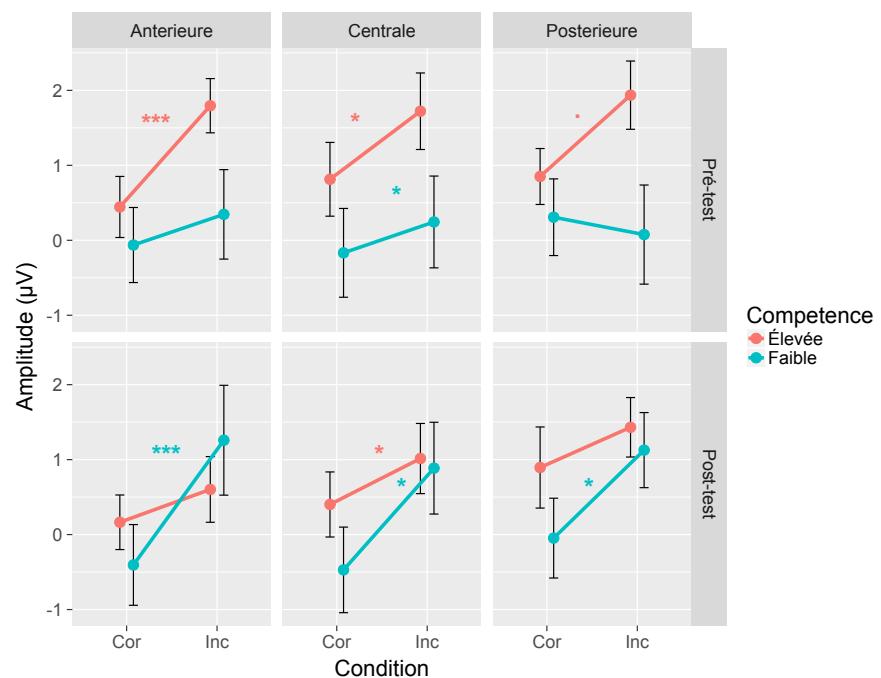


FIGURE 11.15 – Amplitude en fonction de la Condition, Session, Compétence, Région, et Hémisphère pour la P600 dans les conditions C et B (frontière superflue) chez les apprenants aux électrodes de la ligne médiale (Condition : Cor = Correct (Condition contrôle B, prosodie congruente), Inc = Incorrect (Condition avec prosodie incongruente C, frontière superflue). Code de significativité :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ , \*\*\* :  $p < .0001$ )

| Zone | Rég.  | Effet                   | df     | F     | p      | $\eta_p^2$ |
|------|-------|-------------------------|--------|-------|--------|------------|
| Med  | Ant.  | Cond                    | 1,31   | 17.36 | .0002  | 0.36       |
|      |       | Cond × Ses × Comp       | 2,55   | 13.76 | <.0001 | 0.34       |
|      | Cent. | Cond                    | 1,30   | 9.72  | .004   | 0.24       |
|      |       | Cond × Prof             | 2,45   | 3.58  | .036   | 0.14       |
|      | Post. | Cond                    | 1,26   | 7.94  | .009   | 0.23       |
|      |       | Cond × Prof             | 2,23   | 4.13  | .030   | 0.27       |
|      |       | Cond × Ses × Prof       | 2,31   | 5.19  | .011   | 0.25       |
| Lat  | Ant.  | Cond                    | 1,21   | 18.00 | .0004  | 0.46       |
|      |       | Cond × Ses × Comp       | 2,36   | 4.27  | .022   | 0.19       |
|      |       | Cond × Ses × Hem × Comp | 2,1435 | 4.65  | .010   | 0.006      |
|      |       | Cond × Hem × Comp × Gp  | 2,149  | 3.60  | .030   | 0.05       |
|      | Cent. | Cond                    | 1,23   | 17.91 | .0003  | 0.44       |
|      |       | Cond × Hem × Comp       | 2,59   | 3.68  | .031   | 0.11       |
|      |       | Cond × Ses × Hem × Comp | 2,57   | 5.43  | .007   | 0.16       |
|      |       | Cond × Hem × Comp × Gp  | 2,59   | 3.68  | .032   | 0.11       |
|      | Post. | Cond                    | 1,19   | 8.61  | .009   | 0.31       |
|      |       | Cond × Comp             | 2,32   | 8.01  | .001   | 0.33       |

TABLEAU 11.24 – Résultats des analyses pour l’effet de *garden-path* dans les conditions C et B chez les apprenants entre 700 et 1300 ms (Med : zone Médiale, Lat : zone Latérale; Rég. : Région, Ant : Antérieure, Cent : Centrale, Post : Postérieure. Cond : Condition (Frontière/Pas de Frontière), Ses : Session (pré-test/post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence ( $d'$ ), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique))

région antérieure ni en région centrale. L’analyse de l’interaction Condition × Session × Hémisphère × Compétence en région antérieure a révélé la présence d’un effet significatif de la Condition pour les participants les plus compétents lors du pré-test, dans l’hémisphère gauche uniquement ( $M_{C-B}=1.07 \mu V$ ,  $ES=0.26$ ,  $t(19)=4.07$ ,  $p=.013$ ,  $d=0.85$ ) et chez les moins compétents lors du post-test dans les deux hémisphères ( $M_{HG,C-HG,B}=1.48 \mu V$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(12)=6.23$ ,  $p=.0008$ ,  $d=1.71$ ;  $M_{HD,C-HD,B}=1.44 \mu V$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(12)=6.08$ ,  $p=.001$ ,  $d=1.47$ ). En région centrale, des résultats similaires ont été obtenus aux tests post-hoc. Au pré-test, l’effet de Condition était marginalement significatif pour les participants les plus compétents dans l’hémisphère gauche uniquement ( $M_{C-B}=1.13 \mu V$ ,  $ES=0.33$ ,  $t(10)=3.38$ ,  $p=.089$ ,  $d=0.88$ ). Au post-test, la présence de la frontière supplémentaire provoquait une positivité significative dans les deux hémisphères pour les participants au  $d'$  le moins élevé seulement ( $M_{HG,C-HG,B}=1.22 \mu V$ ,  $ES=0.31$ ,  $t(15)=3.99$ ,  $p=.020$ ,  $d=1.44$ ;  $M_{HD,C-HD,B}=1.24 \mu V$ ,  $ES=0.26$ ,  $t(6)=4.68$ ,  $p=.04$ ,  $d=1.28$ ). En région postérieure, l’interaction maximale était une interaction Condition × Compétence :

l'effet de Condition était uniquement significatif pour les participants ayant une compétence élevée ( $M_{C-B}=0.85 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.28$ ,  $t(14)=3.08$ ,  $p=.008$ ,  $d=0.65$ ). Ces effets d'interaction pour chaque région sont représentés dans la Figure 11.16.

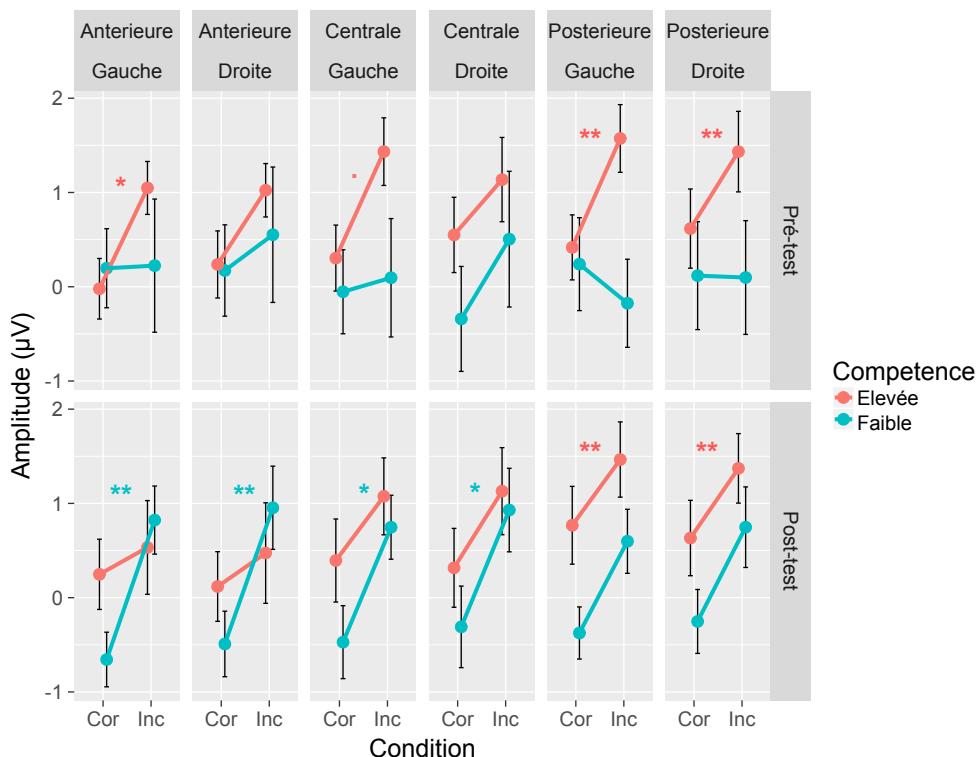


FIGURE 11.16 – Amplitude en fonction de la Condition, Session, Compétence, Région, et Hémisphère pour la P600 dans les conditions C et B (frontière superflue) chez les apprenants aux électrodes de la ligne latérale (Condition : Cor = Correct (Condition contrôle B, prosodie congruente), Inc = Incorrect (Condition avec prosodie incongruente C, frontière superflue). Code de significativité : . :  $p<.1$ , \* :  $p<.05$ , \*\* :  $p<.01$ )

Aux électrodes médiales, les analyses sur la différence C-B dans cette fenêtre (Modèles 46 a et b) ont révélé un effet de l'interaction Région × Compétence ( $F(2,61)=4.56$ ,  $p=.014$ ,  $\eta_p^2=0.13$ ) : pour les participants du groupe de compétence Basse, l'amplitude de la positivité était supérieure en région centrale par rapport à la région postérieure ( $M_{Cent-Post}=0.37 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.14$ ,  $t(46)=2.64$ ,  $p=.030$ ,  $d=0.20$ ). Aux électrodes latérales (voir Tableau 11.25), l'analyse de l'interaction Session × Compétence × Hémisphère × Groupe a montré que chez les participants les plus compétents, au post-test, l'amplitude de l'effet dans l'hémisphère droit était plus grande que dans l'hémisphère gauche pour le groupe Explicite ( $M_{HD-HG}=0.48 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.13$ ,  $t(57)=3.65$ ,  $p=.012$ ,  $d=0.39$ ). L'analyse de l'interaction Session × Région × Compétence × Groupe n'a pas révélé de paires significatives.

| Effet                 | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | $\eta_p^2$ |
|-----------------------|-----------|----------|----------|------------|
| Reg × Comp            | 2,57      | 3.61     | .033     | 0.11       |
| Comp × Hem            | 1,95      | 7.51     | .007     | 0.07       |
| Ses × Reg × Comp      | 2,1353    | 9.40     | <.0001   | 0.01       |
| Ses × Comp × Hem      | 1,1793    | 31.12    | <.0001   | 0.02       |
| Comp × Hem × Gp       | 1,95      | 6.66     | .011     | 0.07       |
| Ses × Reg × Comp × Gp | 2,1353    | 5.62     | .004     | 0.008      |
| Ses × Comp × Hem × Gp | 1,1793    | 7.56     | .006     | 0.004      |

TABLEAU 11.25 – Résultats des analyses aux électrodes latérales pour l’effet de *garden-path* sur la différence d’amplitude entre les conditions C et B chez les apprenants entre 700 et 1300 ms Ses : Session (pré-test/post-test), Hem : Hémisphère (Gauche/Droit), Comp : Compétence (Haute/Basse), Gp : Groupe (Explicite/Mélodique)

La frontière prosodique superflue provoquait donc une P600 significative pour les participants ayant la compétence la plus élevée en région centrale en zone médiale et postérieure en zone latérale. La distribution de cette P600 semble avoir évolué entre les deux sessions d’entraînement : au pré-test, elle s’étendait aux régions antérieure et postérieure pour les participants les plus compétents, alors qu’au post-test, elle n’était significative qu’en région postérieure pour ces participants. En revanche, une réaction était visible chez les participants les moins performants en région antérieure et centrale ainsi que postérieure au niveau des électrodes médiales uniquement après l’entraînement (voir Figure 11.17) L’entraînement (sans effet de son type) a donc bien permis d’améliorer les réponses en potentiels évoqués des participants les moins compétents aux décalages prosodie-syntaxe causés par une frontière superflue, mais pas assez pour que celles-ci provoquent une véritable P600 : même après la pratique, la réponse en potentiels évoqués des participants ayant le *d'* le plus faible est plutôt de l’ordre d’une large positivité antéro-centrale au niveau des électrodes latérales.

On peut supposer que la distribution de la P600 est ici liée à la compétence : au pré-test, la P600 n’est obtenue que chez les participants ayant un *d'* élevé, et ce de manière assez large (régions antérieure, centrale et postérieure en zone médiale et latérale). En revanche, après l’entraînement, la P600 est plus restreinte chez les participants au *d'* le plus élevé, mais une distribution semblable à celle observée au pré-test pour les participants les plus compétents se retrouve au post-test chez les participants les moins compétents. On peut faire l’hypothèse que la compétence de ceux-ci a évolué jusqu’à un niveau similaire à celui des participants les plus compétents avant l’entraînement. La présence de la P600 dans cette condition dépendait essentiellement de la capacité des participants à identifier les phrases contenant une frontière superflue comme incongruentes, plutôt que du type d’entraînement reçu.

Enfin, une analyse sur la latence du pic de la P600 (calculé comme le pic d’amplitude maximale de la différence entre les conditions C et B sur les électrodes centro-

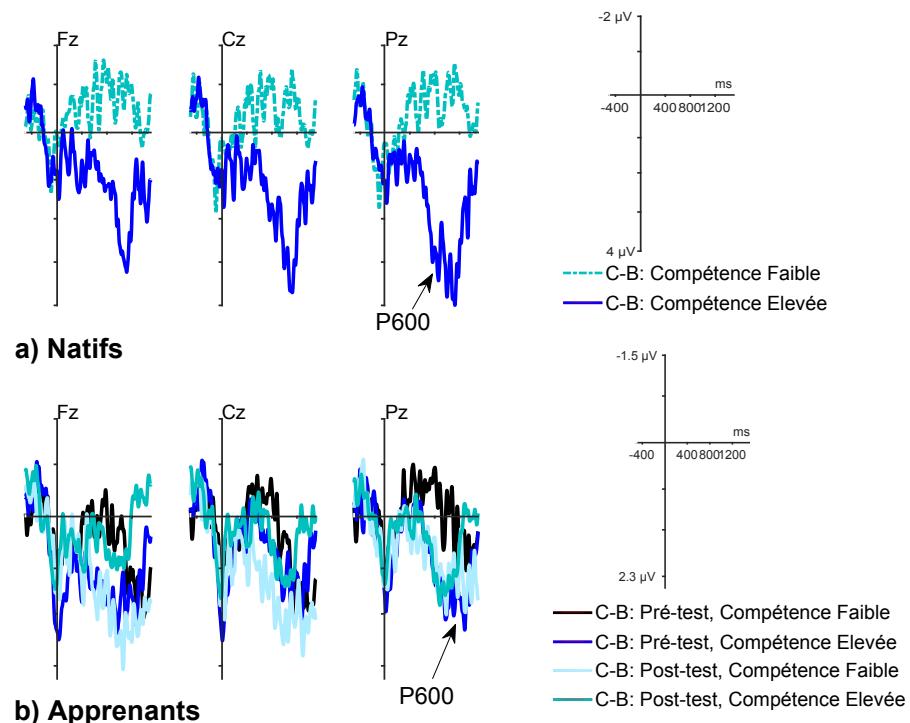


FIGURE 11.17 – Courbe de la différence des potentiels évoqués recueillis chez les apprenants (a) et les natifs (b) dans les conditions C (frontière prosodique superflue) et B (contrepartie congruente) par groupe de compétence (Axe horizontal : temps de -400 à 1200 ms par pas de 400 ms ; axe vertical : amplitude de -2 à 4 µV par pas de 1 µV et de -1.5 à 2.3 µV par pas de 0.75 µV, données filtrées à 20Hz pour la représentation graphique uniquement)

postérieures<sup>54</sup> entre 700 et 1300 ms) (Modèle 47) a révélé un effet de la Session ( $F(1,56)=6.21, p=.016, \eta_p^2=0.10$ ) et un effet marginalement significatif de l'interaction Groupe × Session ( $F(1,56)=3.14, p=.081, \eta_p^2=0.05$ ). La latence du pic de la P600 était plus précoce lors du post-test ( $M_{s2-s1}=-86$  ms,  $ES=35$  ms,  $t(56)=-2.49, d=0.48$ ). L'analyse de l'interaction Groupe × Session suggère que cet effet de Session était limité au groupe Mélodique ( $M_{s2-s1}=-148$  ms,  $ES=45$ ,  $t(56)=-3.26, p=.002, d=0.81$ ). Cette interaction n'étant que marginalement significative, ces résultats sont à prendre avec précaution, mais suggèrent que chez les apprenants, en particulier ceux ayant reçu un entraînement de type Mélodique, la P600 provoquée par la violation prosodique superflue était plus précoce lors du post-test que lors du pré-test.

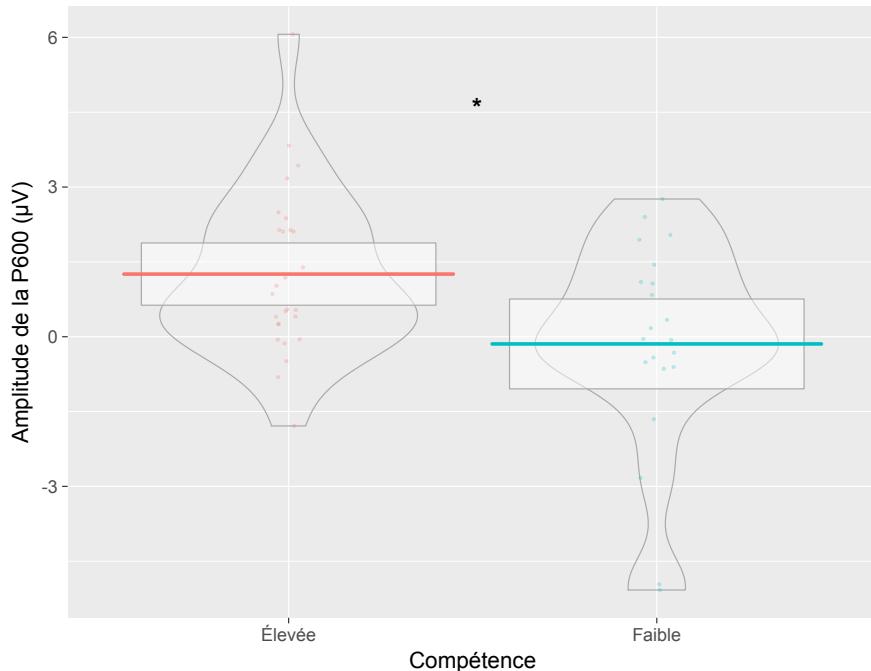


FIGURE 11.18 – Effet de Compétence sur l'amplitude de la P600 pour la frontière prosodique superflue (conditions B et C) au pré-test (Code de significativité : . :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ )

**Comparaison des apprenants et des locuteurs natifs** La comparaison entre groupes s'est faite avec comme variable dépendante l'amplitude de la P600, calculée comme la différence entre les conditions C et B entre 700 et 130 ms moyennée sur

54. Les données des électrodes suivantes ont été incluses : Cz, CPz, Pz, C1, C2, C3, C4, C5, C6, CP1, CP2, CP3, CP4, CP5, CP6, P1, P2, P3, P4, P5, P6.

| Session   | Groupe                 | CPS1 | CPS2 | D-P600 | C-N400               | C-P600 |
|-----------|------------------------|------|------|--------|----------------------|--------|
|           | Natifs - Cp.<br>Élevée | +    | +    | +      | -                    | +      |
|           | Natifs - Cp.<br>Faible | +    | +    | +      | -                    | -      |
| Pré-test  | Cp. Élevée             | +    | +    | +      | -                    | +      |
|           | Cp. Faible             | +    | +    | +      | -                    | -      |
| Post-test | Explicite              | +    | +    | +      | -                    | +      |
|           | Mélodique              | +    | +    | +      | Pos. (Cp.<br>Élevée) | +      |
| Post-test | Cp. Élevée             | +    | +    | +      | -                    | +      |
|           | Cp. Faible             | +    | +    | +      | -                    | +      |

TABLEAU 11.26 – Expérience 2 : Récapitulatif des résultats en potentiels évoqués  
(Cp : Compétence)

une large zone centro-postérieure<sup>55</sup>. Les tests avec les données du pré-test ont révélé un effet de la Compétence non modulé par le Groupe ( $F(1,42)=7.03$ ,  $p=.011$ ,  $\eta_p^2=0.04$ ) : l'amplitude de l'effet était supérieure pour les participants les plus compétents, quel que soit leur groupe ( $M_{\text{Élevée}-\text{Faible}}=1.41 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.54$ ,  $t(42)=2.60$ ,  $p=.013$ ,  $d=0.76$ ) — cela est dû au fait que, comme noté plus haut, l'effet P600 n'était significatif que chez les participants ayant un *d'* élevé (voir Figure 11.18).

L'analyse réalisée avec les données du post-test a montré un effet de l'interaction Groupe  $\times$  Compétence ( $F(2,22)=3.53$ ,  $p=.038$ ,  $\eta_p^2=0.14$ ) : la différence d'amplitude de l'effet en fonction de la compétence était limitée aux locuteurs natifs ( $M_{NS,\text{Élevée}-NS,\text{Faible}}=2.74 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.88$ ,  $t(42)=3.12$ ,  $p=.003$ ,  $d=1.26$ , voir Figure 11.19). Ces résultats sont cohérents avec les résultats obtenus séparément par Groupe : on observe bien une réaction à la frontière prosodique superflue (condition C) chez les apprenants les moins compétents lors du post-test (bien que la distribution de la positivité obtenue diffère quelque peu de celle constatée chez les participants les plus compétents) mais pas lors du pré-test. Bien que l'essentiel de l'effet de Compétence semble dû aux données des locuteurs natifs (voir Figure 11.20), il n'y a pas de différence significative de cet effet de Compétence selon les groupes avec les données du pré-test des apprenants. En revanche, après l'entraînement, il n'y a plus de différence de Compétence chez les non natifs : l'incongruence prosodique de la condition C provoque une P600 même chez ceux dont le *d'* est plus faible.

Un récapitulatif des réponses en potentiels évoqués observées dans cette expérience est visible dans le Tableau 11.26.

55. Les données des électrodes suivantes ont été incluses : Cz, CPz, Pz, C1, C2, C3, C4, C5, C6, CP1, CP2, CP3, CP4, CP5, CP6, P1, P2, P3, P4, P5, P6.

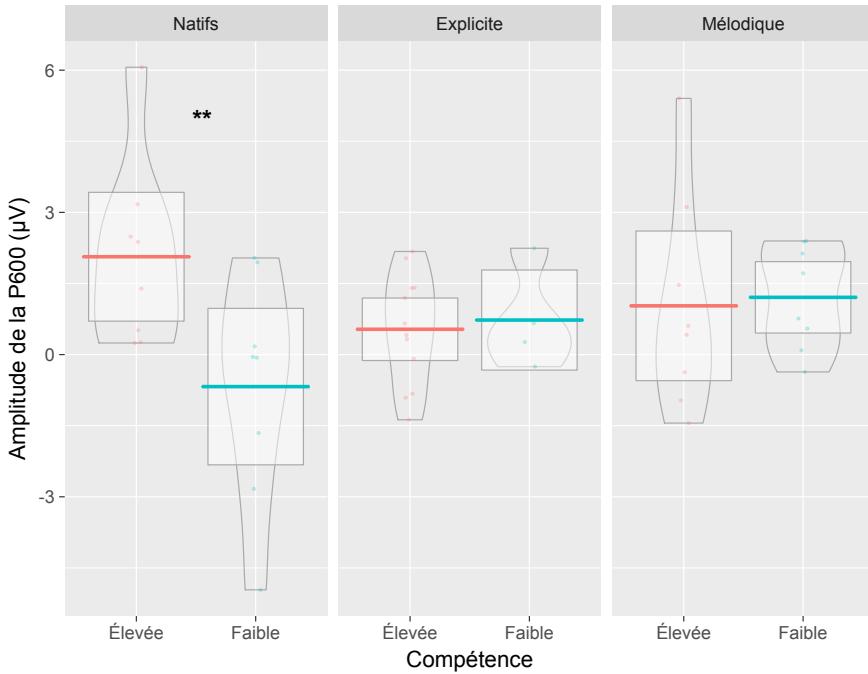


FIGURE 11.19 – Effet de la Compétence sur l'amplitude de la P600 pour la frontière prosodique superflue (conditions B et C) en fonction du Groupe au post-test (Code de significativité : . :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ )

### 11.2.3 Analyse des distracteurs

**Locuteurs natifs** Les potentiels évoqués et la distribution des réponses sont visibles dans la Figure 11.21 (a). Dans la fenêtre de la N400 (entre 200 et 650 ms), les analyses ont montré un effet de l'interaction Condition  $\times$  Région ( $F(2,109)=3.11$ ,  $p=.049$ ,  $\eta_p^2=0.05$ ) aux électrodes médiales. L'incongruence prosodique provoquait une négativité significative en région Antérieure uniquement ( $M_{Inc-Cor}=-0.64 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.26$ ,  $t(17)=-2.44$ ,  $p=.026$ ,  $d=0.64$ ). Aux électrodes latérales, l'effet de Condition était seulement marginalement significatif ( $F(1,15)=4.32$ ,  $p=.055$ ,  $\eta_p^2=0.22$ ), de même que l'interaction Condition  $\times$  Région ( $F(2,24)=2.85$ ,  $p=.078$ ,  $\eta_p^2=0.19$ ). L'interaction Condition  $\times$  Région  $\times$  Hémisphère était, elle, significative ( $F(4,971)=3.92$ ,  $p=.004$ ,  $\eta_p^2=0.02$ ). L'analyse post-hoc de cette interaction a montré la présence d'une négativité marginalement significative en région antérieure uniquement et dans les deux hémisphères (HG :  $M_{Inc-Cor}=-0.67 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.24$ ,  $t(16)=-2.76$ ,  $p=.062$ ,  $d=0.70$  ; HD :  $M_{Inc-Cor}=-0.81 \mu\text{V}$ ,  $ES=0.30$ ,  $t(15)=-2.75$ ,  $p=.063$ ,  $d=0.81$ ). Les analyses sur l'amplitude de la différence n'ont pas révélé d'effet significatif dans cette fenêtre à part un effet marginalement significatif de la Région aux électrodes médiales ( $F(2,26)=3.07$ ,  $p=.064$ ,  $\eta_p^2=0.19$ ) et latérales ( $F(2,20)=3.15$ ,  $p=.064$ ,  $\eta_p^2=0.24$ ).

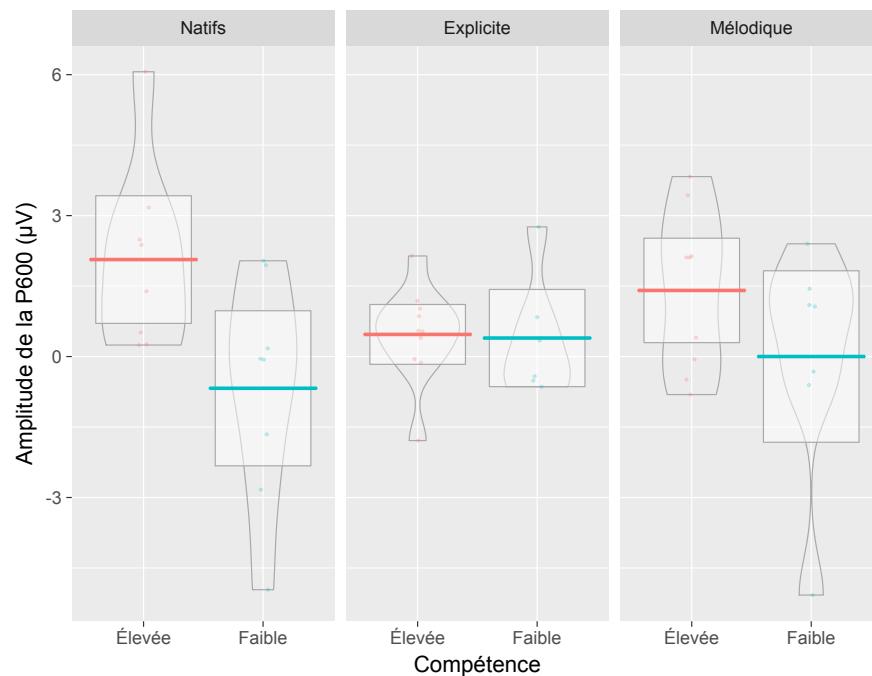


FIGURE 11.20 – Effet de la Compétence sur l'amplitude de la P600 pour la frontière prosodique superflue (conditions B et C) en fonction du Groupe au pré-test (Code de significativité : . :  $p < .1$ , \* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ )

Dans la fenêtre de la P600 (entre 750 et 1300 ms), les analyses ont révélé un effet de l'interaction Condition  $\times$  Région ( $F(2,109)=26.80$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta_p^2=0.33$ ) et de la Condition ( $F(1,15)=6.19$ ,  $p=.025$ ,  $\eta_p^2=0.29$ ) aux électrodes médiales. L'effet de Condition était significatif en région Centrale ( $M_{Inc-Cor}=1.34 \mu V$ ,  $ES=0.48$ ,  $t(19)=2.77$ ,  $p=.012$ ,  $d=0.67$ ) et en région Postérieure ( $M_{Inc-Cor}=1.70 \mu V$ ,  $ES=0.47$ ,  $t(17)=3.66$ ,  $p=.002$ ,  $d=1.05$ ). Aux électrodes latérales, l'effet de l'interaction Condition  $\times$  Région était significatif ( $F(2,20)=24.71$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta_p^2=0.71$ ) : l'effet de Condition était uniquement significatif en région postérieure ( $M_{Inc-Cor}=1.27 \mu V$ ,  $ES=0.44$ ,  $t(15)=3.09$ ,  $p=.007$ ,  $d=0.87$ ). L'analyse de l'amplitude de la différence a révélé un effet de Région sur les électrodes médiales ( $F(2,24)=25.06$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta_p^2=0.68$ ) et latérales ( $F(2,24)=25.15$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta_p^2=0.68$ ). L'effet était ainsi plus faible en région antérieure qu'en régions centrale et postérieure (toutes valeurs de  $p < .0001$ ), et plus grand en région postérieure que centrale que ce soit aux électrodes médiales ou latérales (toutes valeurs de  $p < .01$ ).

La présence d'une incongruité prosodique dans les distracteurs provoquaient donc une négativité plutôt antérieure suivie d'une P600, similaire au motif biphasique observé en présence d'une violation de catégorie grammaticale.

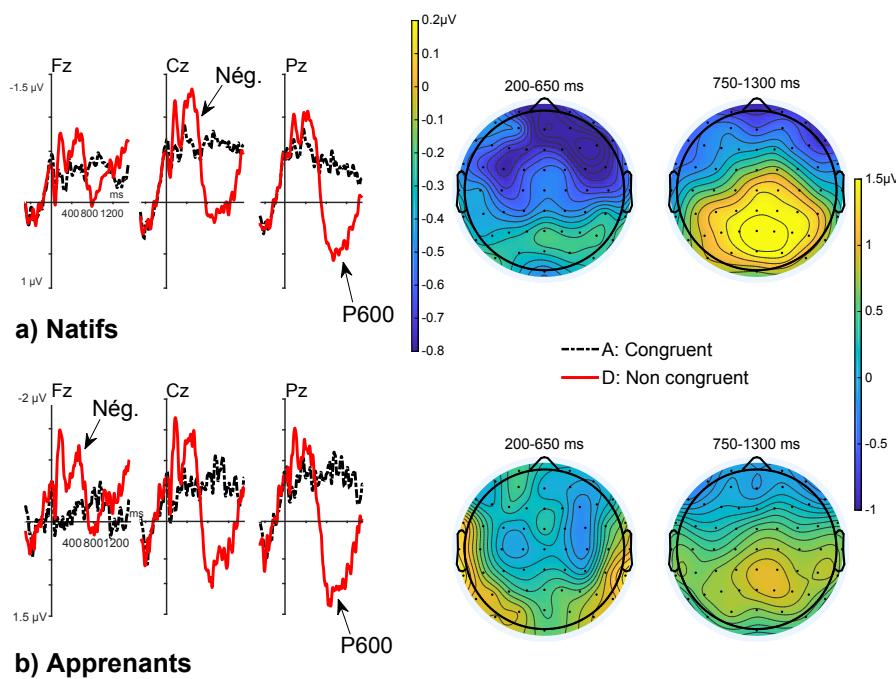


FIGURE 11.21 – Grand moyennage des potentiels évoqués recueillis chez les natifs (a) et les apprenants (b) en réponse aux incongruités prosodiques dans les distracteurs, et carte topographique des effets observés obtenue à partir de la différence entre les conditions Incongruente et Congruente dans les fenêtres d’analyse 200-650 et 750-1300 ms (Axe horizontal : temps de -400 à 1200 ms par pas de 400 ms ; axe vertical : amplitude de -1.5 à 1 μV et de -2 à 1.5 μV par pas de 0.5 μV, données filtrées à 20 Hz pour la représentation graphique uniquement)

**Apprenants** Les potentiels évoqués et la distribution des réponses sont visibles dans la Figure 11.21 (b). Dans la fenêtre de la N400 (entre 200 et 650 ms), les analyses ont montré un effet de la Condition ( $F(1,30)=4.60, p=.040, \eta_p^2=0.13$ ) et de l'interaction Condition  $\times$  Région ( $F(4,35)=7.28, p=.0002, \eta_p^2=0.45$ ) aux électrodes de la ligne médiale. L'effet de Condition était significatif en région centrale ( $M_{Inc-Cor}=-0.36 \mu\text{V}, ES=0.16, t(30)=-2.23, p=.033, d=0.31$ ) et marginalement significatif en région antérieure ( $M_{Inc-Cor}=-0.28 \mu\text{V}, ES=0.15, t(30)=-1.86, p=.073, d=0.24$ ) et postérieure ( $M_{Inc-Cor}=-0.26 \mu\text{V}, ES=0.14, t(30)=-1.93, p=.063, d=0.24$ ).

Aux électrodes latérales, l'interaction Condition  $\times$  Région était aussi significative ( $F(2,38)=3.66, p=.035, \eta_p^2=0.16$ ) : la négativité n'était significative que dans les régions antérieure ( $M_{Inc-Cor}=-0.35 \mu\text{V}, ES=0.16, t(30)=-2.23, p=.034, d=0.32$ ) et centrale ( $M_{Inc-Cor}=-0.32 \mu\text{V}, ES=0.15, t(30)=-2.10, p=.044, d=0.30$ ). Il y avait aussi un effet de l'interaction Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Groupe ( $F(2,4034)=3.26, p=.038, \eta_p^2=0.002$ ) mais les analyses a posteriori n'ont pas révélé de paires significatives reflétant un effet de Condition.

Dans la fenêtre de la P600 (750-1300 ms), l'effet de la Condition était significatif aux électrodes médiales ( $F(1,30)=12.95, p=.001, \eta_p^2=0.30$ ) et latérales ( $F(1,30)=9.31, p=.005, \eta_p^2=0.24$ ). L'interaction Condition  $\times$  Région était également significative en zone médiale ( $F(4,42)=8.98, p<.0001, \eta_p^2=0.46$ ) et latérale ( $F(2,38)=13.13, p<.0001, \eta_p^2=0.41$ ). Dans cette fenêtre, la violation présente dans les distracteurs provoquait une positivité. En zone médiale, celle-ci était significative en région centrale ( $M_{Inc-Cor}=0.79 \mu\text{V}, ES=0.22, t(30)=3.64, p=.001, d=0.59$ ) et postérieure ( $M_{Inc-Cor}=0.95 \mu\text{V}, ES=0.20, t(30)=4.83, p<.0001, d=0.82$ ).

En zone latérale, la positivité était également significative dans les régions centrale ( $M_{Inc-Cor}=0.66 \mu\text{V}, ES=0.20, t(30)=3.33, p=.002, d=0.54$ ) et postérieure ( $M_{Inc-Cor}=0.76 \mu\text{V}, ES=0.16, t(30)=4.71, p=.0001, d=0.72$ ). Ces résultats correspondaient bien à la distribution d'une P600. Aux électrodes latérales, les interactions Condition  $\times$  Hémisphère ( $F(1,33)=4.59, p=.040, \eta_p^2=0.12$ ) et Condition  $\times$  Session  $\times$  Hémisphère  $\times$  Groupe ( $F(4,4004)=7.37, p=.0007, \eta_p^2=0.004$ ) étaient également significatives. L'analyse de l'interaction à quatre termes n'ayant pas révélé de paires significatives impliquant la condition, l'interaction Condition  $\times$  Hémisphère a été suivie de tests post-hoc. L'effet de Condition était significatif dans les deux hémisphères (HG :  $M_{Inc-Cor}=0.47 \mu\text{V}, ES=0.18, t(30)=2.55, p=.016, d=0.39$  ; HD :  $M_{Inc-Cor}=0.62 \mu\text{V}, ES=0.18, t(30)=3.44, p=.002, d=0.49$ ).



# Chapitre 12

## Discussion

### Sommaire

---

|             |                                        |            |
|-------------|----------------------------------------|------------|
| <b>12.1</b> | Traitement des frontières . . . . .    | <b>332</b> |
| <b>12.2</b> | Effets de <i>garden-path</i> . . . . . | <b>334</b> |
| 12.2.1      | P600 en condition D . . . . .          | 334        |
| 12.2.2      | N400 et P600 en condition C . . . . .  | 338        |
| <b>12.3</b> | Effets de l'entrainement . . . . .     | <b>342</b> |
| <b>12.4</b> | Effet du type d'entrainement . . . . . | <b>343</b> |
| <b>12.5</b> | Conclusion . . . . .                   | <b>347</b> |

---

Dans cette expérience, nous avons tenté d'étendre les études sur l'effet d'entrainements au traitement des ambiguïtés plutôt que des anomalies syntaxiques. En n'utilisant pas le paradigme de violation grammaticale typique des études en EEG, nous avons cherché à limiter le biais explicite inhérent à ce paradigme. Des phrases à résolution précoce et tardive ont été manipulées afin de créer un décalage entre prosodie et syntaxe dans deux conditions critiques, C et D, présentées avec leur contreparties contrôle B et A (respectivement). Les réponses en potentiels évoqués d'apprenants francophones de l'anglais de niveau intermédiaire et de locuteurs anglophones natifs ont été obtenues pendant que les participants jugeaient les stimuli pour leur caractère naturel. Nous avons ainsi pu examiner l'utilisation des indices prosodiques en temps réel par des apprenants intermédiaires ainsi que l'exploitation de ces indices pour anticiper la structure syntaxique d'une phrase en L2 avant et après entraînement. Nous nous sommes donc intéressés à plusieurs paramètres : (1) le traitement des frontières prosodiques, permettant de confirmer la perception et l'utilisation des indices prosodiques par les apprenants, (2) la réaction à des effets de *garden path* produits par le décalage prosodie-syntaxe, afin d'examiner l'utilisation de la prosodie pour anticiper la structure syntaxique traitée en temps réel, et enfin (3) l'effet de l'entrainement et du type d'entrainement (Explicite ou Implicite) sur l'exploitation du lien prosodie-syntaxe par ces apprenants.

## 12.1 Traitement des frontières

Lorsqu'une frontière prosodique était présente, nous avons observé une composante **CPS** (*Closure Positive Shift*) chez les natifs et les apprenants, aux deux positions possibles : après le premier syntagme verbal (CPS1, condition A) et après le deuxième syntagme nominal (CPS2, condition B).

Chez les natifs, la **CPS** était maximale aux sites centro-postérieurs, ce qui s'oppose aux résultats de [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#) chez qui l'amplitude de la **CPS** était plus grande en région antérieure. Cependant, [Bögels et al. \(2011\)](#) notent que la **CPS** est généralement maximale en région centrale et postérieure et qu'elle peut s'étendre aux électrodes frontales, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus ici. Chez les participants de [Pauker et al. \(2011\)](#), seule la **CPS** en deuxième position (CPS2) était plus largement frontale, mais les auteurs notent que cela est essentiellement dû à la négativité frontale précédant la **CPS** dans cette condition. Dans notre étude comme dans les études similaires, la **CPS** était maximale sur les électrodes de la ligne médiale.

Chez les apprenants, la CPS1 au pré-test était maximale en région centro-postérieure et s'étendait aux électrodes frontales pour les participants du groupe Mélodique. L'effet de Groupe observé entre les participants du groupe Mélodique et les Natifs est dû à cette distribution : la **CPS** ne s'étendant pas en région antérieure chez les Natifs, l'amplitude de la **CPS** dans cette zone était par conséquent supérieure chez les participants du groupe Mélodique. Au post-test, la CPS1 était significative dans toutes les régions aux électrodes de la ligne médiale, et majoritairement en région postérieure aux électrodes latérales, notamment pour les participants les plus compétents du groupe Mélodique. Pour les participants du groupe Explicite, la **CPS** était également plus ample en région antérieure que postérieure et s'étendait donc aux électrodes frontales, de manière similaire à ce qui a été observé chez les apprenants de [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#). Chez les participants les moins compétents, la **CPS** était donc essentiellement centrale, comme chez les apprenants germanophones et les locuteurs natifs les moins compétents dans l'expérience de [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#). L'extension en région antérieure ressemble à celle présente chez les apprenants sinophones de [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#), qui avaient un niveau de maîtrise de la **L2** plus faible.

La CPS2 était maximale aux électrodes de la ligne médiale, similairement à ce qui a été observé dans les autres études. Au pré-test, la **CPS** s'étendait aux électrodes latérales dans toutes les régions pour les locuteurs les moins compétents mais seulement à la région postérieure droite pour les plus compétents. Dans l'expérience de [Pauker et al. \(2011\)](#), la **CPS** dans cette condition était également plus grande dans l'hémisphère droit. Au post-test, la **CPS** présente aux électrodes médiales s'étendait en région postérieure latérale uniquement pour les participants les plus compétents. La distribution de la **CPS** dans cette position était donc plus restreinte que pour la

CPS1.

L'analyse de la Figure 11.8 p. 294 montre que la CPS1 commençait en réalité légèrement avant le début de la pause (autour de -100 ms, voire encore plus tôt pour les locuteurs natifs) ce qui suggère que la CPS n'est en effet pas provoquée uniquement par la pause mais également par des indices prosodiques présents dans le segment qui précède (allongement pré-frontière et modification du F0). D'autre part, la positivité en position 1 (condition A) s'accompagnait d'une négativité au même moment dans la condition contrôle (condition B). Celle-ci pourrait constituer une négativité liée à l'attente (Nickels et Steinhauer, 2018; Pauker *et al.*, 2011). En effet, les stimuli critiques incluaient nécessairement une pause prosodique soit après le premier syntagme verbal (RP) soit après le deuxième syntagme nominal (RT). En l'absence d'une frontière en première position, il est possible que les participants aient alors formé immédiatement l'attente d'une frontière dans la deuxième position qui suivait. Cette négativité serait donc le reflet d'une mise à jour des attentes du participant : si la pause n'apparaissait pas ici, elle apparaîtrait plus tard. Cette négativité était également présente chez les locuteurs natifs. En revanche, pour la CPS2, la courbe de la phrase contrôle (condition A) ne montre pas cette négativité concorrente avec la positivité de la CPS : il n'y a plus à ce moment-là de négativité liée à l'attente d'une frontière puisque celle-ci a déjà été rencontrée. Nos résultats sont donc cohérents avec l'hypothèse d'une négativité liée à l'attente d'une frontière proposée par Pauker *et al.* (2011).

Nos résultats confirment que les apprenants, même à un niveau intermédiaire, peuvent présenter une CPS similaire à celle des locuteurs natifs, et que la perception des frontières prosodiques peut se faire même à un niveau de compétence peu élevé. Cela est probablement dû au fait que, d'une part, les mécanismes neurocognitifs qui sous-tendent ce processus sont partagés avec d'autres domaines comme la musique (Glushko *et al.*, 2016; Steinhauer *et al.*, 2009), et d'autre part, le traitement des frontières prosodiques dans la L1 de nos apprenants est certainement similaire.

Les différences observées entre natifs et apprenants résident essentiellement dans la distribution de la CPS. Nickels et Steinhauer (2018) ont observé un effet de la compétence sur l'amplitude de la CPS en particulier dans les régions frontales, et ce y compris chez les locuteurs natifs. À l'inverse, dans nos données, la compétence jouait un rôle uniquement sur la distribution de la CPS dans les deux positions mais pas sur l'amplitude de l'effet. Cette différence pourrait être due au fait que Nickels et Steinhauer (2018) ont incorporé la compétence dans leur modèle sous forme de variable continue alors que nous avons choisi de séparer les participants en groupes de compétence. Pour tester cette hypothèse, de nouvelles analyses ont été conduites en incorporant la compétence sous forme de variable continue avec le *d'* calculé sur les conditions B et C, mais celles-ci n'ont pas révélé d'interaction du *d'* avec la Condition : la CPS n'était pas plus grande lorsque le *d'* augmentait. Les

analyses ayant été réalisées séparément pour les natifs et les apprenants, puisque les apprenants ont complété deux sessions de test, il est possible que la variation de compétence au sein de chaque modèle n'ait pas été suffisante pour faire apparaître un effet de compétence similaire à celui observé par Nickels et Steinhauer (2018).

Les analyses sur la fenêtre précédant le début de la CPS ont révélé la présence d'une négativité pré-CPS significative chez les natifs et les apprenants, comme attendu d'après les études de Pauker *et al.* (2011), Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018). Chez les natifs, la négativité précédant la première CPS était moins largement distribuée que celle précédent la deuxième. Ces résultats sont cohérents avec l'hypothèse que cette négativité reflète l'attente d'une pause. En effet, la conception de l'expérience fait que l'attente d'une pause prosodique est nécessairement plus forte avant la deuxième CPS : puisqu'il n'y a pas eu de pause prosodique à la première position possible, le participant peut émettre de fortes attentes quant à sa présence après le syntagme nominal, qui lui permettrait de confirmer l'analyse en structure à résolution tardive réalisée par défaut. La négativité plus importante observée avant la deuxième CPS serait donc le reflet de ces attentes plus fortes. Pendant le premier syntagme verbal, ces attentes sont réduites : la possibilité d'une frontière à la fin de ce syntagme existe, mais elle contredit la stratégie de traitement par défaut (la présence de la frontière est associée à une structure à résolution précoce et non tardive). La négativité pré-CPS est donc plus faible et plus localisée. Chez les participants les plus performants sur la tâche de jugement d'acceptabilité, qui ont donc mieux compris l'exercice et sont davantage capable de former des attentes prosodiques et de les exploiter pour juger de l'aspect naturel des stimuli, cette négativité est plus importante : cela reflète le fait que les attentes sont plus fortes chez ces participants puisqu'ils sont plus conscients de la possibilité de rencontrer une frontière prosodique dans cette position. En revanche, chez les apprenants, l'attente n'était pas plus forte avant la deuxième CPS comme chez les natifs, ce qui suggère une moins bonne anticipation de la deuxième pause.

## 12.2 Effets de *garden-path*

### 12.2.1 P600 en condition D : présence d'une frontière après le SV1 contre absence de frontière

Comme dans Pauker *et al.* (2011), Nickels *et al.* (2013) et Nickels et Steinhauer (2018), la condition D (phrase à résolution précoce avec prosodie incongruente, ex. « *As the man is hunting the ducks fly away.* ») était davantage rejetée que les deux conditions contrôles A et B par les natifs comme les apprenants. Elle était cependant acceptée un peu moins de la moitié du temps. Les locuteurs natifs étaient plus lents pour accepter cette condition que pour classer les stimuli contrôles comme naturels,

mais plus rapides pour rejeter les phrases de la condition D que celles des conditions A et B. Chez les apprenants, il n'y avait pas d'effet de l'exactitude de la classification sur le temps de réponse aux phrases de la condition D : les participants n'étaient pas plus rapides pour classer ces stimuli comme non naturels (réponse « correcte » attendue) que pour les classer comme naturels. Ce motif de réponse, qui contraste avec celui observé pour les trois conditions, confirme que l'acceptation des phrases de cette condition ne se faisait pas aussi nettement que pour les autres. Cette condition n'était donc pas identifiée au niveau comportemental comme clairement naturelle ou non naturelle. Cette observation est cohérente avec l'hypothèse de la suppression de frontière : la réparation de la première analyse incorrecte de cette phrase, en rétablissant mentalement la frontière manquante, se fait facilement, à tel point que les locuteurs n'identifient pas nécessairement cette phrase comme difficile.

Chez les locuteurs natifs, l'absence de frontière provoquait une P600 en zone médiale postérieure et marginalement centrale, s'étendant aux électrodes latérales en région postérieure. Cette P600 était significative dès la fenêtre d'analyse la plus précoce (400-750 ms). Sa distribution est en accord avec celle observée par [Pauker et al. \(2011\)](#) (distribution pariétale et médiale) et [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#) chez les locuteurs anglophones natifs (distribution centro-postérieure). Contrairement à ce que [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#) ont observé, il n'y avait pas de lien entre amplitude de la P600 dans cette condition et compétence. Les analyses complémentaires incorporant le *d'* comme valeur continue n'ont pas non plus révélé de lien entre ces deux paramètres.

La frontière manquante provoquait bien une P600 chez les apprenants, quel que soit leur niveau de compétence. Cette P600, obtenue chez les apprenants et les locuteurs natifs, a été interprétée dans la littérature comme reflétant les difficultés d'intégration syntaxique dans les phrases à *garden path* de ce type ([Nickels et al., 2013](#); [Nickels et Steinhauer, 2018](#); [Pauker et al., 2011](#)). En effet, sans informations prosodiques permettant de désambigüiser la phrase entendue, les participants suivent le principe de résolution tardive énoncé par [Frazier et Fodor \(1978\)](#) : ils interprètent initialement le deuxième syntagme nominal (« *the ducks* ») comme étant l'objet du verbe le précédent (« *hunting* »), puis doivent réanalyser la phrase lorsqu'ils rencontrent le deuxième syntagme verbal (« *fly away* ») et réalisent que le SN2 doit en être le sujet (« *the ducks fly away* »plutôt que « *hunting the ducks* »). Dans la condition D, il n'y a pas de frontière prosodique mal placée conduisant les participants à faire une erreur d'interprétation : l'absence d'indices prosodiques crée une condition similaire à celle rencontrée dans les études en lecture ([Pauker et al., 2011](#)). La réanalyse de la phrase inclut donc le rétablissement mental d'une frontière prosodique après le premier syntagme verbal, processus identifié comme relativement facile d'après l'hypothèse de la suppression de frontière. Comme dans les expériences de [Pauker et al. \(2011\)](#), [Nickels et al. \(2013\)](#) et [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#), la pré-

sence d'une P600 relativement faible et locale suggère que cette révision structurelle est en effet assez aisée, ce qui est confirmé par les résultats comportementaux. Le fait que les participants acceptent moins les phrases de la condition D que les phrases des conditions contrôles A et B indique cependant qu'il y a un léger coût à cette réanalyse, reflété par la P600 : comme suggéré par Pauker *et al.* (2011), les participants s'attendent à ce que le locuteur ne soit pas ambigu et utilise la prosodie pour guider l'interprétation de son énoncé.

Une P600 plus ample pourrait refléter de plus grands difficultés de réanalyse : Nickels et Steinhauer (2018) avaient ainsi observé un lien entre amplitude de la P600 et compétence des apprenants (et des locuteurs natifs). Dans notre expérience, l'amplitude de la P600 chez les apprenants ne dépendait pas de la compétence. En revanche, la compétence et le groupe d'entraînement avaient bien un effet sur la distribution de la P600 : celle-ci s'étendait dans les régions antérieure et postérieure latérales pour les participants du groupe M ayant un haut niveau de compétence mais aussi pour les participants du groupe E ayant un faible niveau de compétence. Pourquoi cette interaction entre groupe et compétence ?

Les participants les moins compétents du groupe E pourraient avoir un niveau équivalent aux participants les plus compétents du groupe M, ce qui expliquerait les similarités entre ces deux groupes. Ce n'était cependant pas le cas : les participants les plus compétents du groupe M avaient un  $d'$  moyen équivalent à celui des apprenants les plus performants du groupe E ( $M_M=3.02$ ,  $ET_M=0.65$  contre  $M_E=2.73$ ,  $ET_E=0.61$ ) et bien différent de celui des participants du groupe E les moins compétents ( $M_E=0.95$ ,  $ET_E=0.55$ ).

Dans l'expérience de Nickels et Steinhauer (2018), la distribution de la P600 chez les participants les plus compétents était plus vaste notamment en région postérieure : cela est similaire aux résultats obtenus ici pour les apprenants du groupe M. La compétence n'était pas le seul facteur influençant cette distribution : le type d'entraînement semble bien avoir joué un rôle. Il est possible que les participants du groupe Explicite compétents aient utilisé des stratégies explicites non accessibles aux participants moins compétents et à ceux du groupe M. Ces stratégies leur auraient facilité la tâche de réanalyse, d'où une distribution plus restreinte de la P600 : nous y reviendrons plus loin (voir p. 343). D'autre part, la distribution était plus localisée chez les natifs puisqu'elle était essentiellement restreinte aux électrodes de la ligne médiale : il semble donc que, sans surprise, la réanalyse des stimuli de la condition D était plus aisée pour les anglophones.

Contrairement à ceux de Nickels et Steinhauer (2018), nos résultats ne mettent pas en évidence de lien entre compétence et amplitude de la P600 dans cette condition, que ce soit chez les natifs ou les apprenants. Comme dans l'expérience de

Nickels et Steinhauer (2018), la compétence était calculée à partir des réponses comportementales sur l'autre condition incongruente (frontière prosodique superflue). Nickels et Steinhauer (2018) interprètent leurs résultats comme un indice que le *d'* reflètent bien la compétence générale, et non pas une relation entre les effets en potentiels évoqués et les jugements de fin de phrase dans les mêmes conditions. Nos résultats ne répliquent pas cette observation. Une analyse additionnelle avec le *d'* comme variable continue a mis en évidence un lien entre compétence et amplitude de la P600 seulement pour les participants du groupe Mélodique en région centrale (Condition  $\times d' \times$  Groupe ( $F(1,34)=7.30, p=.011$ ); Compétence<sub>D-A</sub>=+0.34  $\mu$ V,  $ES=0.16$ ,  $t(32)=2.09, p=.045$ , soit une augmentation de la P600 de 34  $\mu$ V pour chaque augmentation du *d'* de 1) et en région postérieure (Condition  $\times d' \times$  Groupe ( $F(1,34)=5.15, p=.030$ ), Compétence<sub>D-A</sub>=+0.41  $\mu$ V,  $ES=0.17, t(32)=2.46, p=.020$ ). Pour les participants de ce groupe, la compétence sur les conditions B et C avait donc bien une influence sur l'amplitude de la P600.

Les effets de compétence observés par Nickels et Steinhauer (2018) ne sont cependant pas totalement robustes : ils étaient absents chez les apprenants sinophones pour la condition D, et chez les apprenants germanophones pour la P600 en condition C. De plus, les analyses en modèles linéaires mixtes conduites par Nickels et Steinhauer (2018) comportent un inconvénient majeur : seul un intercept par Participant était inclus comme effet aléatoire, ce qui ne prend pas en compte l'effet de tous les facteurs répétés comme la Condition, la Région d'analyse ou la Latéralité. Nos résultats confirment que le lien entre compétence et P600 est à prendre avec précaution : nous n'avons pas observé d'effet de compétence chez les natifs alors que leur *d'* est suffisamment variable pour que des effets aient pu être visibles. En introduisant la compétence comme variable continue afin d'adopter des analyses similaires à celles de Nickels et Steinhauer (2018), un effet de compétence a été observé pour les apprenants du groupe Mélodique seulement, suggérant que, dans certaines conditions, le *d'* calculé ici peut en effet refléter quelque chose de plus global que le lien entre P600 et réponse explicite au jugement d'acceptabilité de fin de phrase.

La frontière manquante, si elle est visiblement rétablie relativement facilement par les locuteurs natifs et apprenants, provoquait donc bien une réponse visible au niveau électrophysiologique. Il n'y avait pas de différence d'amplitude entre les groupes, mais des différences de distribution qui pourraient refléter les difficultés rencontrées par les participants.

### 12.2.2 N400 et P600 en condition C : absence d'une frontière après le SV1 contre frontière superflue

En accord avec ce qui a été trouvé dans les études précédentes, les stimuli de la condition C (phrase à résolution tardive avec prosodie incongruente, ex. « *As the man is hunting # the ducks # the pigeons fly away.* ») étaient davantage rejetés que ceux de la condition D par les natifs et encore plus par les apprenants. Les locuteurs natifs étaient également plus lents à accepter mais plus rapides à rejeter les phrases des conditions C et D que celles des conditions contrôles A et B, mais il n'y avait pas de différence sur le temps de réponse entre C et D. Les apprenants étaient eux aussi plus rapides pour classer les phrases A et B que C et D comme naturelles, mais ils n'étaient pas plus rapides pour rejeter les phrases incongruentes que pour la condition C. Contrairement aux natifs, il y avait une différence entre C et D : les apprenants étaient plus rapides pour rejeter les phrases C. Les phrases de la condition C étaient donc bien identifiées comme non naturelles de manière nette, conformément à l'hypothèse de la suppression de frontière.

**N400** Glushko *et al.* (2016), Nickels *et al.* (2013), Nickels et Steinhauer (2018) et Pauker *et al.* (2011) ont observé une N400 maximale aux sites postérieurs suivant la frontière superflue dans la condition C. Si l'on peut observer sur la Figure 11.14 p. 316 que la réponse à l'incongruité prosodique commence bien par une négativité, celle-ci est similaire dans la condition C comportant la violation et dans la condition contrôle B. En effet, aucun effet de Condition négatif significatif n'a été trouvé dans la fenêtre de la N400. Pauker *et al.* (2011) et Nickels et Steinhauer (2018) interprètent la N400 qu'ils ont observée comme reflétant les difficultés d'intégration du deuxième syntagme nominal (« *the ducks* »), qui se retrouve prosodiquement détaché et donc séparé des syntagmes le précédent (« *hunting* ») et le suivant (« *the pigeons* »). Selon Pauker *et al.* (2011), ce décalage entre prosodie et syntaxe empêche l'assignation d'un rôle thématique au syntagme nominal détaché. Il est donc surprenant que nous n'observions pas cette N400 au moins chez les locuteurs natifs, d'autant plus que la N400 observée par Nickels et Steinhauer (2018) était indépendante du groupe et de la compétence.

**Positivité antérieure** En revanche, pour les participants du groupe Mélodique les plus compétents, une positivité était observée dans cette fenêtre. Les apprenants germanophones (hautement compétents) de Nickels et Steinhauer (2018) manifestaient également une faible positivité dans cette fenêtre aux électrodes frontales, mais une N400 aux électrodes centrales et postérieures. Les auteurs interprètent cette positivité frontale comme les premiers signes de la P600 qui suit. Cependant, l'inspection des courbes de nos participants suggère que ce n'était pas le cas ici : la différence entre les deux conditions semble revenir à zéro autour de 500 ms, avant

le début de la P600. D'autre part, la distribution de cette positivité précoce diffère de celle de la P600, puisqu'elle était principalement antérieure. Cette positivité rappelle une composante P3a, dont la signification fonctionnelle est controversée (Luck, 2014). La P3 est généralement observée dans un paradigme *oddball*, mais pas seulement. Comme noté par Sassenhagen *et al.* (2014, p.30), la P3 peut suivre des événements très saillants parce qu'ils sont nouveaux et inattendus, mais aussi des événements attendus et intimement liés à la tâche : « *P3 follows highly salient events such as novel and unexpected events, highly task-relevant expected events, and self-relevant stimuli* ». Lorsqu'une frontière prosodique était rencontrée après le premier syntagme verbal, une deuxième frontière n'était pas attendue. En effet, si les participants construisaient une représentation syntaxique mentale correspondant à une phrase à résolution précoce sur le modèle de la condition A (« *As the man is hunting # the ducks fly away* »), la frontière après le deuxième syntagme nominal était inattendue et extrêmement saillante. Par comparaison, si les participants s'attendaient à la possibilité de cette deuxième frontière du fait de la présence d'autres violations de ce type dans l'**input** (la condition C représentait au total un huitième des stimuli entendus), celle-ci correspondait bien à un événement attendu et très pertinent pour la réalisation de la tâche.

Les différentes théories fonctionnelles de la P3 l'associent à une mise à jour du contexte (Donchin, 1981; Polich, 2007) impliquant probablement des mécanismes de mémoire de travail (Vogel et Luck, 2002; Vogel *et al.*, 1998) : Vogel et Luck (2002) suggèrent que la P3 reflète des processus qui suivent la catégorisation du stimulus pour la tâche, par exemple en signalant qu'une catégorisation préliminaire doit être revue. La P3 pourrait ici être due à la détection de la pause superflue, la mise à jour des prédictions concernant la structure syntaxique et/ou le début de la préparation de sa classification comme non naturelle. Luck (2014) note que l'apparition et l'amplitude de la P3 sont également liées aux efforts que les participants font pour accomplir la tâche. La présence de la P3 suggère donc que les participants du groupe Mélodique les plus compétents orientent particulièrement leur attention à ce moment de la phrase. C'est cette réponse liée à l'attention et à la mise à jour des attentes qui domine leur première réaction à la présence de la frontière superflue, plutôt que l'intégration sémantique du syntagme nominal qui serait reflétée par une N400.

Une explication alternative est que cette positivité est en réalité la fin de la CPS1 provoquée par la première frontière prosodique en condition C. En effet, bien que les **ERP** soient liés ici au point de *cross-splicing* et donc au début du syntagme nominal, soit après la pause, la **CPS** est visible dans les courbes des locuteurs natifs et des apprenants du groupe E. Bien que la **CPS** commence légèrement avant la pause, celle-ci est suffisamment courte ( $M=160$  ms,  $ET=80$  ms) pour qu'une **CPS** d'environ 500 à 600 ms continue à être visible dans la fenêtre de la N400. Cette **CPS**

se termine cependant plus tôt pour les groupes Explicite et Natifs, si bien qu'elle n'est pas significative dans la fenêtre identifiée pour la N400.

**P600** La frontière prosodique superflue provoquait en outre une P600, dont la présence était fortement dépendante de la compétence des locuteurs. Ainsi, elle ne se manifestait que chez les anglophones natifs les plus compétents. Chez les apprenants, elle était également limitée aux participants les plus performants au pré-test. Elle était maximale en zone médiale, et s'étendait latéralement dans les régions antérieures et centrales. Au post-test en revanche, la P600 était présente chez tous les apprenants, mais avec des distributions légèrement différentes. Elle était en effet limitée aux régions centrale et postérieure (similairement à une P600 classique) pour les plus compétents, et plutôt antéro-centrale pour les moins performants.

Le fait que la P600 apparaisse même chez les moins performants lors de la deuxième session de test reflète l'amélioration du *d'* avec l'entraînement. Avant cette pratique, certains apprenants n'étaient pas suffisamment compétents pour présenter une P600 en réponse au décalage entre prosodie et syntaxe : après l'entraînement, ils le sont suffisamment pour que cette réponse électrophysiologique apparaisse. De plus, la distribution de la P600 chez les locuteurs les plus compétents s'est modifiée : la distribution de la P600 chez les moins compétents au post-test correspond à celle des locuteurs les plus performants au pré-test, alors que la P600 chez ces derniers s'est déplacée vers les sites centro-postérieurs plus typiques de la P600 qui est généralement observée en réponse aux phrases à *garden path*. Cette évolution suggère que les participants du groupe de compétence faible au post-test ont atteint un niveau similaire à celui des participants les plus à l'aise au pré-test.

Cette fois-ci, la mesure de la compétence correspond aux conditions sur lesquelles les analyses en potentiels évoqués sont effectuées : la P600 n'apparaissait donc que chez les locuteurs capables explicitement de faire une différence entre les stimuli des deux conditions critiques examinées ici, B et C. Cela signifie-t-il que les locuteurs les moins compétents ne sont pas sensibles aux indices prosodiques ? Ils perçoivent bien ces indices, puisque les frontières prosodiques provoquent une CPS même chez les participants moins compétents. En revanche, il semble qu'ils soient moins sensibles au lien entre la prosodie et la structure syntaxique.

L'apparition de la P600 est liée à l'attention portée à la tâche et à la pertinence de la violation pour la réalisation de cette tâche. Ici, l'incompatibilité entre prosodie et syntaxe est déterminante pour la réponse au jugement d'acceptabilité. Cependant, un moins bon *d'* signifie que le participant discrimine moins bien les deux conditions B et C, probablement parce qu'il porte moins d'attention à la correspondance des indices syntaxiques et prosodiques et qu'il fonde son jugement sur d'autres signaux. Si ces autres signaux dominent la stratégie de réponse du participant, alors la violation critique ne devient plus aussi cruciale pour la réalisation de

la tâche comportementale, et la P600 qui en résulte peut diminuer ou disparaître.

C'est ce qui semble se produire ici chez les locuteurs natifs moins performants, et chez les apprenants au pré-test. Si les participants ignorent les indices prosodiques dans la condition C, ils utilisent probablement la stratégie de traitement par défaut comme à l'écrit et comme en condition D. Dans ce cas-là, ils interprètent la structure comme ayant une résolution tardive, ce qui correspond à la structure des phrases de la condition C. Il est aussi possible que leur traitement de la phrase soit global plutôt qu'incrémental : dans ce cas, les incongruences prosodiques n'interfèrent pas avec leur interprétation de la structure de la phrase, qui n'est construite qu'à la fin. En revanche, après l'entrainement, les apprenants comprennent mieux l'intérêt de l'utilisation des indices prosodiques pour réaliser la tâche de jugement d'acceptabilité : ils concentrent davantage leur attention sur ces signaux, et la détection de l'incompatibilité prosodie-syntaxe provoque alors une P600. Au post-test, les apprenants les moins compétents deviennent plus performants que les natifs les moins performants, et manifestent une P600 qui n'apparaît pas chez les natifs. Des comparaisons statistiques sur les  $d'$  de chaque groupe seraient peu fiables vu le petit nombre d'individus par groupe, mais les statistiques descriptives (voir Tableau 12.1) suggèrent que le  $d'$  des natifs peu performants est similaire à celui des apprenants peu performants au pré-test, mais inférieur à celui des apprenants du groupe de compétence Faible au post-test. Le  $d'$  de ces derniers reste cependant bien inférieur à celui des natifs compétents ou même des apprenants compétents au pré-test, mais est plus variable.

|                         | Compétence Élevée | Compétence Faible |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Natifs                  | 2.64 (0.50)       | 0.72 (0.37)       |
| Apprenants au pré-test  | 2.60 (0.54)       | 0.71 (0.48)       |
| Apprenants au post-test | 3.10 (0.66)       | 1.13 (0.80)       |

TABLEAU 12.1 –  $d'$  moyen par Groupe et Compétence (Écart-type entre parenthèses)

La mesure de compétence dans cette expérience semble bien refléter essentiellement un lien entre les effets en potentiels évoqués et le jugement de fin de phrase, plutôt qu'une mesure globale de la maîtrise des liens prosodie-syntaxe. L'évolution observée entre les deux sessions de test pour les apprenants pourrait donc être due plutôt à une familiarisation avec le principe de l'expérience et le type de décalages prosodie / syntaxe impliqués qu'à une véritable amélioration des capacités de pré-diction syntaxique s'appuyant sur la prosodie.

### 12.3 Effets de l'entraînement

Un des objectifs principaux de cette expérience était d'évaluer l'efficacité de l'entraînement sur l'exploitation des liens prosodie-syntaxe pour anticiper en temps réel la structure syntaxique en L2, aucune étude ne s'étant jusqu'à présent intéressée à cette question. A-t-on donc observé des effets de l'entraînement ?

Le premier effet notable est une amélioration du *d'* après l'entraînement, soit une amélioration de la capacité à discriminer entre les phrases des conditions C (résolution tardive avec prosodie incongruente du fait de la présence d'une frontière prosodique superflue, ex. « *As the man is hunting # the ducks # the pigeons fly away* ») et B (résolution tardive avec prosodie congruente, ex. « *As the man is hunting the ducks # the pigeons fly away* »). Les apprenants étaient également plus rapides pour répondre lors du post-test : l'amélioration de la performance ne s'accompagnait pas d'un ralentissement comme dans l'Expérience 1 mais d'une accélération de la réponse. Cette amélioration était donc accompagnée d'un certain degré d'intégration ou du moins d'automatisation des connaissances acquises.

Cependant, malgré l'entraînement, il existait une différence de condition lors du post-test à J+7. Les participants interprétaient majoritairement les débuts de stimuli entendus comme la première partie d'une phrase à résolution précoce (condition A), et non tardive (condition B). Les apprenants étaient donc meilleurs pour détecter la présence des indices prosodiques indiquant une frontière (interprétant donc la phrase comme ayant une résolution précoce) que pour détecter leur absence (ce qui impliquait de continuer le segment proposé par un complément d'objet pour le verbe du premier syntagme verbal). Pour la complétion, la stratégie par défaut des participants était donc inverse à l'interprétation en lecture : les apprenants estimaient naturellement que le segment présenté commençait une structure à résolution précoce plutôt que tardive.

Du point de vue des potentiels évoqués, aucun effet de l'entraînement sur l'amplitude des composantes n'a été observé. Il y avait un léger effet de la pratique sur la localisation de la CPS en deuxième position, avec une restriction de la distribution de cette composante au post-test. Cette évolution suggère un traitement facilité de la deuxième pause — potentiellement parce qu'elle était plus attendue grâce à la familiarisation avec l'expérience. L'effet principal d'entraînement sur les ERP concernait la P600 dans la condition C. L'entraînement affectait trois paramètres de la P600 : sa présence, sa distribution et sa latence. Son apparition était limitée aux participants les plus compétents au pré-test, mais s'étendait aux moins performants après l'entraînement. Sa distribution chez les locuteurs à niveau de compétence plus faible correspondait à celle des locuteurs performants lors du pré-test. En revanche, chez les locuteurs performants lors du post-test, la distribution de la P600 était essentiellement centro-postérieure, ce qui correspond à la localisation d'une P600 observée chez des locuteurs natifs en réponse à des violations syntaxiques. Enfin, le

pic d'amplitude de la P600 était plus précoce au post-test qu'au pré-test, ce qui indique que la réaction à la violation était plus automatisée. Ces résultats permettent ainsi d'avoir un aperçu de l'évolution possible des réponses électrophysiologiques dans cette condition avec la compétence, avec trois étapes successives :

1. Une absence de réaction électrophysiologique, suggérant que le locuteur n'utilise pas les indices prosodiques pour prédire la structure syntaxique : les attentes structurelles ne sont pas contredites par la prosodie car il n'y a pas d'attentes.
2. Une P600 fronto-centrale indiquant de premiers mécanismes de réanalyse, mais impliquant davantage les mécanismes de l'attention tels que ceux reflétés par la P3a.
3. Une P600 classique reflétant la réanalyse du syntagme nominal détaché, interprété d'abord comme le sujet d'un syntagme verbal à suivre mais devant être réintégré comme objet du syntagme verbal précédent.

L'effet d'entrainement était donc observé uniquement sur la condition où la phrase incongruente était clairement identifiée comme telle au niveau comportemental.

## 12.4 Effet du type d'entrainement

Cette expérience comportait deux catégories d'entrainement : l'un était explicite, s'appuyant sur des explications métalinguistiques et une pratique axée sur l'application de ces règles ; l'autre était implicite et reposait sur la familiarisation avec le motif mélodique des phrases critiques, sans interférence linguistique.

Le type d'entrainement avait un effet différentiel sur le classement des stimuli : seuls les participants du groupe Explicite rejetaient plus les phrases de la condition C au post-test qu'au pré-test. Les participants du groupe Mélodique semblaient encore moins performants que ceux du groupe Explicite pour compléter les phrases de la condition B dans le post-test à J+7, mais cette différence n'était pas significative.

Quelques effets ont cependant été observés sur les potentiels évoqués. Tout d'abord, les conditions d'entrainement influençaient la distribution de la P600 en réponse à la frontière prosodique manquante dans la condition D. Cette P600 était significative pour tous dans la région centrale, mais son extension aux régions antérieure et postérieure était conditionnée par une interaction entre Groupe et Compétence : la P600 était significative dans ces zones pour les participants du groupe Explicite à compétence basse et les participants du groupe Mélodique à compétence haute. Comment expliquer cette différence ? Au pré-test, il n'y avait pas de raison a priori que les participants des deux groupes diffèrent. Nous avons vu plus haut que les participants du groupe Explicite les moins compétents n'avaient pas un *d'* équivalent à celui des participants du groupe Mélodique les plus performants — il

s'agissait bien d'une différence de groupe et non seulement de compétence. Il est possible que les participants du groupe Explicite les plus compétents mobilisent des connaissances plus explicites pour accomplir le jugement d'acceptabilité, ce que ne font pas les participants les moins performants car ils n'ont pas intégré ces connaissances. Les participants du groupe Mélodique, d'un autre côté, pourraient ne pas utiliser ces connaissances car elles ne sont pas accessibles, ne leur ayant pas été présentées. Les stratégies des participants du groupe Mélodique les plus compétents et des participants du groupe Explicite les moins compétents pourraient alors être similaires, et la distribution plus étendue de la P600 pourrait refléter les plus grandes difficultés rencontrées par ces apprenants pour réanalyser les stimuli de la condition D après qu'ils ont été entraînés dans le *garden path*.

D'autre part, dans cette même condition D, le type d'entraînement conditionnait l'effet de la compétence sur l'amplitude de la P600. Comme vu plus haut, l'analyse supplémentaire examinant l'effet de la compétence comme variable continue sur la réponse aux violations dans la condition D a révélé un effet du *d'* similaire à celui observé par [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#) mais uniquement pour les participants du groupe Mélodique. Cet effet est lié au fait que la P600 était très faible voire inexistante chez les participants du groupe Mélodique les moins compétents, alors qu'elle était bien présente et largement distribuée chez les participants du groupe Explicite les moins compétents. Cette observation permet de compléter l'interprétation des différences de distribution observées dans la P600 en réponse à la condition D, qui peuvent être divisées en trois catégories :

1. Réponse très faible voire inexistante : participants du groupe Mélodique les moins compétents.
2. P600 largement distribuée (régions antérieure, centrale et postérieure) : participants du groupe Explicite à compétence faible et participants du groupe Mélodique à compétence élevée.
3. P600 localisée en région centrale : participants du groupe Explicite les plus compétents.

Ces trois types de réponses suggèrent que des stratégies différentes étaient peut-être employées par les participants des différents groupes et liées à leur niveau de compétence sur le jugement d'acceptabilité. Pour rappel, le *d'* reflétait la performance sur l'évaluation de phrases des conditions B et C, et non D. Bien que nous n'ayons pas observé de lien général direct entre *d'* et amplitude de la P600 comme [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#), nos résultats ne sont pas totalement en désaccord avec leur hypothèse : le *d'* semble associé à autre chose que les réponses en potentiels évoqués dans la même condition. Le lien n'est cependant pas nécessairement avec l'amplitude, et dans notre cas, il ne s'appliquait pas aux locuteurs natifs.

Le groupe avait également un effet qualitatif fort sur les réponses au décalage prosodie-syntaxe en condition C : chez les participants du groupe Mélodique les plus compétents seulement, la P600 était précédée d'une positivité antérieure dans la fenêtre de la N400. Quelle que soit son origine (début précoce de la P600 suivante, fin de la CPS, P3), le fait qu'elle n'apparaisse que pour ces apprenants suggère que les processus qu'ils mobilisent pour le traitement de cette violation sont différents. Une possibilité est que chez ces participants, la familiarisation avec la mélodie et avec l'expérience provoque la formation implicite de plus d'attentes qui se retrouvent contredites par la frontière superflue en C. La réaction chez ces participants est plus rapide — cela est confirmé par le fait que la P600 au post-test est plus rapide pour les participants du groupe Mélodique seulement. Ces apprenants réagissent donc plus rapidement à ce type de violation. Le fait que la P600 soit plus précoce pour eux est cohérent avec l'hypothèse que la positivité antérieure reflète une détection précoce et une mise à jour du contexte structurel, permettant une réanalyse plus rapide telle qu'indexée par la P600. Si ces résultats ne nous permettent pas de dire exactement en quoi les mécanismes utilisés par les participants des deux groupes diffèrent, ils montrent cependant que ces mécanismes sont bien au moins en partie différents.

Il n'y avait pas en revanche d'effet de groupe sur l'amplitude ou la distribution de la P600 dans la condition C. Étant donné que celle-ci s'est révélée être fortement liée à la compétence sur le jugement d'acceptabilité, on s'attendrait à ce que les participants ayant reçu un entraînement de type explicite aient un avantage ici. En effet, bien que la mesure de compétence choisie soit moins explicite qu'un véritable jugement de grammaticalité, elle attire tout de même l'attention sur un des paramètres critiques : les indices prosodiques. Le fait que les participants du groupe Explicite n'aient pas manifesté de réponse différent qualitativement ou quantitativement de celle des participants du groupe Mélodique au post-test suggère que l'amélioration observée pourrait être un effet de test-retest. Le fait que les apprenants tendent à accepter davantage les phrases de la condition D au post-test va également dans ce sens : ils la considèrent encore moins problématique que C malgré les explications suggérant qu'elle est ambiguë.

D'une manière générale, il semble que la compétence ait eu un effet différentiel plus fort chez les participants du groupe Mélodique, puisque plusieurs différences qualitatives ont été observées dans les réponses en potentiels évoqués des apprenants de ce groupe en fonction de leur performance : distribution différente de la CPS2, de la P600 en réponse aux violations de la condition D, présence ou absence d'une positivité précoce en condition C. Les participants du groupe Mélodique ne recevaient aucune explication sur le contenu critique de l'expérience. Les mélodies auxquelles ils étaient exposés pendant l'entraînement étaient les mêmes que celles des stimuli critiques, mais très peu de participants (2/16) ont lors du débriefing émis l'hypo-

thèse que ces motifs musicaux reflétaient la prosodie de phrases. Ils ne recevaient donc aucune aide explicite leur permettant de s'améliorer sur le traitement des stimuli critiques, et leur performance à l'entraînement n'a pas augmenté d'une session à l'autre. Ceux qui avaient les capacités pour extraire les motifs critiques sans aide extérieure (à noter que cela ne signifie pas que c'était fait de manière implicite) se sont améliorés et étaient particulièrement performants sur le jugement d'acceptabilité. En revanche, d'autres auraient potentiellement eu besoin de plus de temps ou de quelques indices. Ceux-là étaient les moins performants, et dans certains cas ne manifestaient pas de réponse électrophysiologique aux violations, ce qui suggère qu'ils n'utilisaient pas les indices prosodiques pour anticiper la structure syntaxique. Dans ce cas, il est possible qu'ils ne créaient pas de représentations mentales très hiérarchisées de la structure syntaxique en cours de traitement, ce que prédit l'hypothèse de la Structure Syntaxique Creuse. Le fait que la compétence avait un effet bien plus important dans le groupe Mélodique qu'Explicite suggère que l'entraînement reçu par le groupe Explicite permettait de compenser quelque peu les différences individuelles dans la capacité à comprendre au moins le fonctionnement de l'expérience et des stimuli critiques.

L'entraînement n'avait pas un effet très important : sa durée et son intensité n'étaient pas suffisantes pour changer radicalement les mécanismes employés par les participants pour traiter les structures critiques. Plusieurs effets ont été observés sur la localisation des composantes en potentiels évoqués, mais ceux-ci doivent être pris avec précaution étant donné que la distribution des composantes n'est pas toujours constante d'une étude à l'autre et qu'elle peut être influencée par d'autres composantes se produisant simultanément. L'entraînement a cependant permis aux participants des deux groupes d'améliorer leur *d'*. En outre, la pratique a produit un changement qualitatif important, avec la présence d'une P600 chez les participants les moins compétents au post-test alors que la violation en condition C ne provoquait pas de réaction chez ces apprenants lors du pré-test. L'effet d'entraînement est donc principalement observable sur la condition la plus saillante et la plus liée à une détection explicite du décalage prosodie-syntaxe, comme indiqué par les réponses comportementales. Seuls les participants du groupe Explicite ont d'ailleurs amélioré leur détection de cette incongruence prosodique. Malgré l'objectif de cette étude de diminuer l'aspect explicite de l'étude en EEG en n'utilisant pas un paradigme de violation syntaxique, l'effet de l'entraînement semble toujours lié à une amélioration de stratégies de traitement plutôt explicites.

## 12.5 Conclusion

Notre première question de recherche était : les apprenants de niveau intermédiaire peuvent-ils eux aussi exploiter les indices prosodiques en temps réel pour faire des prédictions sur la structure syntaxique du stimulus entendu ? Conformément à nos prédictions, les participants acceptaient les phrases contrôles plus que les phrases contenant un décalage prosodie-syntaxe. Nos résultats montrent également que les apprenants de niveau intermédiaire ont moins de difficulté à rétablir mentalement une frontière prosodique manquante qu'à supprimer une frontière superflue, comme le propose l'hypothèse de la frontière manquante (Pauker *et al.*, 2011). Une CPS a bien été observée chez les apprenants, confirmant que ceux-ci sont sensibles aux indices signalant les frontières prosodiques dans leur L2, ce qui n'est pas surprenant puisque ceux-ci sont similaires à ceux de leur L1.

Une P600 a bien été observée en réponse à la suppression d'une frontière prosodique. Cela suggère que les participants étaient bien menés dans le *garden path* par ce type de phrase, dont la prosodie « neutre » donnait au mieux peu d'indications sur la structure attendue, comme dans une expérience de lecture, et au pire des indications contradictoires. Cet effet de *garden path* était donc attendu : en l'absence d'indice prosodique contraire, les participants adoptaient la stratégie par défaut identifiée par Frazier et Rayner (1982) et construisaient une représentation correspondant à une structure à résolution tardive. Contrairement à Nickels et Stein-hauer (2018), l'amplitude de cette P600 n'était pas directement liée à la compétence. En revanche, sa distribution l'était. Plus les participants étaient capables d'utiliser correctement les indices prosodiques et leur adéquation avec la syntaxe pour classer les phrases entendues selon leur aspect naturel, plus on peut s'attendre à ce qu'ils soient réceptifs à ces indices en temps réel. Ainsi, chez les plus performants, l'attente d'une structure à résolution tardive déjà favorisée par les stratégies de traitement par défaut devait être renforcée par les indices prosodiques présents, qui suggéraient que la phrase continuerait après le premier syntagme verbal. L'effet de *garden path* s'en trouvait donc renforcé.

La compétence jouait également un rôle crucial dans la manifestation d'une P600 en réponse aux incongruités de la condition C. Chez les moins performants, le décalage prosodie-syntaxe ne provoquait pas de P600 dans cette phrase, ce qui correspond à leurs réponses comportementales : ils discriminaient mal les phrases des conditions B et C, qui pouvaient toutes deux être traitées avec la stratégie par défaut (en postulant une résolution tardive). Ces apprenants n'exploitaient donc pas les indices prosodiques en temps réel pour anticiper la structure de la phrase. En revanche, chez les participants les plus compétents, le décalage prosodie-syntaxe provoquait bien une P600 reflétant la réanalyse structurale nécessaire : ces apprenants avaient formé des attentes sur la structure syntaxique de la phrase grâce aux indices prosodiques disponibles, mais ces attentes se voyaient contredites par la véritable structure. La

capacité des apprenants intermédiaires à exploiter les indices prosodiques en temps réel pour adapter leurs représentations mentales de la structure de la phrase traitée dépendait donc beaucoup des individus.

Un effet de compétence similaire a également été observé chez les locuteurs natifs, ce qui suggère que tous les monolingues n'utilisent pas les mêmes stratégies pour traiter leur L1. En effet, le fait que l'anomalie en condition C ne provoque pas une P600 chez tous les anglophones montre qu'ils n'utilisent pas les indices prosodiques de la même manière. On peut observer une P600 en condition D par rapport à la condition A chez tous les participants : cela montre que les natifs, même ceux ayant un moins bon *d'*, peuvent utiliser les indices prosodiques pour contrer la stratégie de traitement par défaut si besoin. S'ils n'utilisaient pas du tout les indices prosodiques pour adapter leur représentation mentale de la structure syntaxique, alors ils ne modifieraient pas suffisamment tôt leur représentation de la structure A (contenant une frontière prosodique après le syntagme verbal, ce qui indique qu'il s'agit d'une structure à résolution précoce) et il n'y aurait pas de différence entre les conditions A et D. Dans la condition C, même les participants les moins compétents doivent donc construire une représentation syntaxique en accord avec la première pause rencontrée, c'est-à-dire prévoir une structure à résolution précoce, comme ils le font pour la condition A. Lorsque la deuxième pause est rencontrée, ils devraient donc, comme les plus compétents, revoir leurs attentes et réanalyser la phrase, mais cela ne se produit pas.

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ce phénomène. D'une part, il est possible que, puisqu'ils ne classent pas les phrases de la condition C comme non naturelles autant que les participants les plus compétents, la réanalyse de cette phrase ne leur pose pas de difficulté particulière et qu'ils réadaptent plus facilement leur interprétation, menant à une P600 réduite. Si ces participants ont de meilleures capacités de contrôle exécutif par exemple, ils peuvent modifier leur interprétation plus rapidement, et des études ont montré que ces meilleures capacités étaient associées à une réduction de la P600 dans un jugement de grammaticalité (Moreno *et al.*, 2010). À l'inverse, ces locuteurs s'appuient peut-être majoritairement sur d'autres types d'indices que la structure syntaxique pour interpréter la phrase. Plusieurs études en EEG ont montré des différences individuelles conséquentes dans les réponses en potentiels évoqués provoquées par des violations syntaxiques chez des monolingues : ces violations provoquent une P600 chez certains mais une N400 chez d'autres (Tanner *et al.*, 2013; Tanner et van Hell, 2014). Ces observations suggèrent que certains natifs utilisent préférentiellement des stratégies davantage lexico-sémantiques que syntaxiques pour interpréter les phrases de leur L1 — ce qui correspond aux stratégies que certaines théories comme l'hypothèse de la Structure Creuse considèrent comme l'apanage des apprenants. Une des observations de Tanner et van Hell (2014) est que le type de réponse (N400 ou P600) pourrait être

influencé par la proportion de gauchers dans la famille proche : des facteurs génétiques et biologiques pourraient donc influencer les mécanismes de traitement de la L1, et pas seulement de la L2. Il est possible alors que les participants chez qui l'incongruité prosodique en condition C ne provoque pas de P600 utilisent d'autres stratégies que la construction d'une structure syntaxique hiérarchique complète en temps réel pour interpréter l'*input*, et que donc la réinterprétation de la phrase critique leur soit moins difficile. Le fait que le même lien entre compétence et P600 soit observé chez les apprenants pourrait donc aussi indiquer une absence de différence fondamentale entre L2 et L1 dans l'utilisation de ces indices prosodiques, même à des niveaux de compétence relativement faibles.

Notre deuxième question de recherche concernait le rôle de l'entrainement : peut-on entraîner des apprenants intermédiaires à mieux exploiter les indices prosodiques présents dans l'*input* pour adapter les représentations mentales de la structure syntaxique en temps réel ? Un entraînement explicite est-il plus efficace qu'un entraînement plus implicite fondé uniquement sur l'exposition et la manipulation de la prosodie des stimuli critiques sans signal linguistique ?

Les résultats au niveau comportemental montrent une efficacité des entraînements quel que soit leur type : le *d'* des participants s'est amélioré et leur temps de réponse a diminué, indiquant une automatisation des stratégies de réponse. Contrairement à ce qui était attendu, le *d'* n'a pas progressé d'avantage pour les participants du groupe Explicite. En revanche, seuls les participants de ce groupe percevaient mieux le décalage prosodie-syntaxe dans la condition C après l'entrainement qu'avant, ce qui confirme que le traitement des items de la condition C était facilité par le recours à des mécanismes explicites.

Au niveau des potentiels évoqués, les changements observés sont de faible ampleur, mais bien présents, notamment pour la condition C. L'entrainement a ainsi permis aux participants les moins compétents de suffisamment exploiter les indices pour que le décalage prosodie-syntaxe de la condition C provoque une P600 chez eux. La pratique a également donné lieu à une modification de la distribution de la P600 chez les apprenants les plus compétents : même chez ceux qui parvenaient déjà à exploiter le lien prosodie-syntaxe, l'entrainement eu un effet sur les réponses en potentiels évoqués dans cette condition.

Le type d'entrainement n'était pas sans effet : l'entrainement explicite semble notamment avoir permis de compenser quelque peu les différences individuelles d'aptitudes et réduit l'impact de la compétence sur les réponses observées. Cela est congruent avec les résultats de Tagarelli *et al.* (2015), qui ont observé que les explications métalinguistiques pouvaient remettre les apprenants à égalité face à l'apprentissage. L'effet de groupe le plus marquant est la présence d'une positivité précoce dans la fenêtre de la N400 pour les participants du groupe Mélodique uni-

quement. Cette positivité suggère que ces participants ont été capables de réagir plus rapidement à une partie des incongruités prosodiques, en exploitant peut-être des mécanismes plus automatiques que les processus de réanalyse reflétés par la P600 dans les autres groupes.

Ces résultats nous permettent donc de contribuer aux recherches d'une part sur le traitement du lien prosodie-syntaxe par les apprenants, et d'autre part sur l'effet d'entrainements sur les réponses électrophysiologiques à des ambiguïtés et anomalies syntaxiques. Les apprenants francophones de l'anglais n'ayant pas été testés précédemment, nos résultats étendent également à d'autres L1 les premiers résultats obtenus avec des apprenants par [Nickels \*et al.\* \(2013\)](#) et [Nickels et Steinhauer \(2018\)](#).

# Discussion Générale

Ce travail s'inscrit dans un ensemble de travaux sur l'effet des conditions d'apprentissage sur l'acquisition de la syntaxe de la L2. Par la réalisation de deux expériences comportant des entraînements, nous avons tenté, avec des mesures comportementales et électrophysiologiques, d'étendre ces recherches à différents domaines syntaxiques : la morphosyntaxe et la résolution d'ambiguités temporaires par la prosodie.

Dans la première expérience, nous avons examiné l'interaction entre conditions d'entraînement et similarité L1-L2 dans l'évolution des réponses comportementales et en ERP à des violations morphosyntaxiques. Les entraînements avaient un effet bénéfique sur les mesures comportementales, mais limité au traitement des items grammaticalement corrects. Seul l'entraînement explicite permettait de légèrement améliorer la détection des violations grammaticales cibles. Les analyses en potentiels évoqués ont révélé l'impact de la similarité du fonctionnement de la structure cible entre L1 et L2 : les violations de la condition Conflictuelle étaient suivies d'une positivité postérieure entre 200 et 400 ms qui diminuait après l'entraînement, alors que les violations de la condition Similaire engendraient une négativité dès le pré-test, plus antérieure chez les participants ayant le meilleur *d'*, et qui s'accentuait après l'entraînement. Lors du post-test, cette négativité était également suivie d'une P600 tardive (entre 700 et 900 ms) chez les participants les plus performants. L'analyse des ERP nous a ainsi permis de visualiser des mécanismes auxquels les mesures comportementales sont insensibles : la performance avec les items de la condition Conflictuelle se situe au niveau du hasard, mais la présence d'une positivité suivant les violations suggère que ces dernières sont bien détectées à un certain niveau. Chez les locuteurs natifs, les incongruités grammaticales provoquaient une P600, précédée pour les plus performants d'une N400 limitée aux violations avec l'auxiliaire *Had*.

Dans la deuxième expérience, nous avons étudié l'effet des conditions d'entraînement sur la résolution d'ambiguités syntaxiques temporaires grâce à la prosodie. Nous avons confirmé que le traitement des frontières prosodiques par des apprenants intermédiaires est similaire à celui des natifs (présence d'une CPS), et déclenché par des indices précédant la pause elle-même. Les deux conditions contenant un décalage entre prosodie et syntaxe provoquaient bien les effets de *garden-path* attendus.

La suppression d'une frontière prosodique était suivie d'une P600 comme chez les locuteurs natifs, même si le rétablissement mental de cette frontière était cognitive-ment peu couteux, comme en témoigne le taux élevé de classement comme naturelles des phrases de ce type. Le type d'entraînement n'affectait pas l'amplitude mais la distribution de la P600 dans cette condition : la positivité était plus étendue pour les participants du groupe Explicite les moins performants et du groupe Mélodique (Implicite) les plus performants.

L'ajout d'une frontière prosodique superflue était nettement identifié comme non naturel par les apprenants, et ce davantage que la suppression de la frontière. Contrairement à ce qui a été observé dans des études précédentes, le décalage prosodie-syntaxe dans cette condition ne provoquait pas de N400. En revanche, il était suivi d'une positivité antérieure précoce suggérant une réorientation de l'attention, limitée aux participants du groupe Mélodique ayant le meilleur *d'*. Ces incongruités provoquaient une P600, mais dont l'apparition et la distribution dépendaient fortement de la performance des participants, apparaissant seulement lorsque les participants étaient capables de discriminer de manière fiable les phrases contenant une frontière prosodique superflue et leur contrepartie positive.

## Efficacité des entraînements

Nos résultats montrent que les entraînements des deux types un effet bénéfique global, même chez des participants ayant déjà des connaissances de leur L2, et ce malgré un temps d'entraînement relativement court (entre 1h et 3h au total) : le *d'* de nos participants s'est amélioré dans les deux expériences. Les entraînements conduisent facilement à une amélioration des *connaissances explicites*, particulièrement pour la morphosyntaxe. En effet, la performance dans l'Expérience 1 s'est améliorée mais au prix d'un ralentissement, démontrant que les progrès sur le jugement d'acceptabilité grammaticale sont dus à une plus grande utilisation des *connaissances explicites*. À l'inverse, l'amélioration du *d'* dans l'Expérience 2 s'est accompagnée d'une accélération et donc d'une automatisation des réponses comportementales, ce qui n'implique pas pour autant un développement des *connaissances implicites*.

Les effets sur les *ERP* n'étaient pas aussi flagrants que dans les expériences avec des langues artificielles. Cela n'est pas surprenant : dans nos expériences, l'apprentissage ne part pas de zéro, et il est plus facile d'acquérir rapidement une très bonne maîtrise d'une langue artificielle que d'une langue naturelle. Cependant, certaines évolutions ont pu être observées, notamment sur l'apparition de la P600 en réponse à des violations morphosyntaxiques, mais aussi à des décalages prosodie-syntaxe. En effet, dans l'Expérience 1, une P600 tardive apparaissait chez les participants les plus performants seulement au post-test. Dans l'Expérience 2, l'entraînement affectait la présence, la distribution et la latence de la P600 en réponse à une frontière

prosodique superflue. Après l'entraînement, une P600 apparaissait ainsi chez tous les apprenants, même les moins performants, chez qui les incongruités ne produisaient pas de réponse significative au pré-test. La distribution de la P600 chez ces participants était similaire à celle observée chez les plus performants lors du pré-test : la localisation de la P600 évoluait avec la compétence. Le pic d'amplitude était également plus précoce lors du post-test, ce qui allait de pair avec l'accélération des réponses comportementales.

Cette évolution est liée à l'amélioration de la compétence, mais aussi à l'attention portée au caractère grammatical du stimulus traité. Ce dernier point est visible notamment chez les locuteurs natifs. Dans la première expérience, les locuteurs les plus susceptibles de manifester une P600 étaient ceux prêtant le plus attention aux violations grammaticales dans leur évaluation de l'acceptabilité sémantique des phrases. Dans la deuxième expérience, la P600 en réponse à la frontière superflue n'a été observée que chez les locuteurs natifs ayant le meilleur *d'*. Cela suggère que les réponses des monolingues — et des apprenants — peuvent varier en fonction de l'importance accordée aux structures grammaticales dans l'interprétation de la phrase.

## Effet des conditions d'apprentissage

Les conditions d'entraînement ont peu affecté l'évolution des réponses comportementales, mais, conformément à nos prédictions, nos résultats montrent que l'entraînement explicite présente un léger avantage pour le traitement d'une structure au fonctionnement conflictuel entre L1 et L2 : il permet de mieux détecter les incongruités dans cette condition. Il peut donc bien y avoir une interaction entre conditions d'apprentissage et similarité L1-L2. Ce bénéfice s'explique par le fait que la mesure comportementale consistait en une détection des erreurs, c'est-à-dire un traitement faisant appel aux connaissances explicites des locuteurs.

Cet avantage pour l'entraînement explicite s'est retrouvé dans l'évolution des ERP en réponse à des violations morphosyntaxiques. En effet, la négativité précoce a été renforcée après l'entraînement pour les participants recevant un entraînement explicite uniquement. Bien que cette négativité, du fait de sa latence comparativement faible, soit a priori le signe de processus moins explicites que ceux qui sous-tendent la P600, le fait qu'elle soit liée au *d'* des participants indique que les mécanismes de traitement qu'elle reflète ne sont pas totalement indépendants des **connaissances explicites**. Dans la deuxième expérience, l'entraînement implicite était associé à une détection plus rapide de l'incongruité provoquée par la frontière prosodique superflue, grâce au recrutement de mécanismes attentionnels non mobilisés par les participants du groupe Explicite.

Les conditions d'entraînement affectaient également la distribution de la P600 en

interaction avec la compétence, lorsqu'une frontière prosodique était supprimée dans la phrase : la P600 avait une localisation de surface plus large chez les participants du groupe Explicite les moins performants et les participants du groupe Implicites les plus performants, que chez les participants du groupe Explicite ayant le meilleur *d'*.

## Implications méthodologiques

Certains de nos résultats peuvent également contribuer aux discussions méthodologiques sur les mesures des connaissances et processus explicites et implicites.

Nous montrons que le jugement grammatical, même en temps limité, favorise le recours à des *connaissances explicites*, au mieux automatisées, et non aux *connaissances implicites*.

Nos résultats soulèvent également le problème de l'utilisation d'un paradigme contenant des violations grammaticales pour évaluer l'influence d'entrainements implicites. En effet, le paradigme lui-même favorise le recrutement de mécanismes de traitement explicites, puisque le traitement des items agrammaticaux fait appel aux connaissances explicites (Roehr-Brackin, 2015). Même si l'attention des participants n'est pas directement orientée vers les violations, les participants qui maîtrisent la langue, comme les locuteurs natifs, ne peuvent totalement les ignorer. Le type de traitement privilégié dépend alors des préférences et stratégies inconscientes de chaque locuteur : si la grammaticalité est considérée comme essentielle pour l'acceptabilité sémantique, ce qui était le cas pour l'essentiel des locuteurs natifs de notre expérience et pour certains participants ayant une bonne maîtrise de la L2, les incongruités grammaticales sont traitées comme lors d'un jugement de grammaticalité.

D'autre part, la question de savoir si les *ERP* peuvent refléter des processus implicites reste ouverte. Il est admis que la P600 reflète des processus de contrôle conscients. La négativité que nous observons en réponse aux violations morphosyntaxiques est liée à la compétence sur une tâche plutôt explicite, notamment chez les natifs, et n'est donc pas totalement implicite. Dans l'Expérience 2, la positivité précoce observée en présence d'une frontière prosodique superflue semble plus automatique, mais liée à l'orientation de l'attention. La composante généralement considérée comme le signe d'un traitement totalement automatique et implicite, l'*ELAN*, se produit entre 100 et 300 ms. Or, comme le soulignent Steinhauer et Drury (2012), elle apparaît dans des expériences choisissant comme point de synchronisation le début du mot critique — cette négativité commence alors parfois avant même que la violation soit présentée, et ce type de composante est plutôt dû à des facteurs méthodologiques que réellement linguistiques (Hasting et Kotz, 2008). Conformément aux recommandations de Hasting et Kotz (2008), nous avons choisi d'utiliser

comme point de synchronisation le début du morphème critique, ce qui introduit moins de bruit dans les données : le début de l'époque correspond au début de la violation. Cela a pour conséquence de réduire le temps d'apparition de certaines composantes : une négativité généralement significative entre 300 et 500 ms comme la LAN ou la N400 est donc plutôt observée entre 200 et 400 ms. Cela laisse une fenêtre temporelle courte pour observer d'éventuelles réponses plus précoces, qui en outre ne se manifestent pas de manière fiable même pour le même type de violations (voir [Steinhauer et Drury, 2012](#), pour la controverse au sujet de l'[ELAN](#)).

Les résultats de l'Expérience 1 mettent en avant les différences individuelles pouvant exister chez des locuteurs monolingues dans la nature des réponses en ERP à des violations morphosyntaxiques, comme relevé par [Tanner et al. \(2014, 2013\)](#) et [Tanner et van Hell \(2014\)](#). La variabilité des composantes observées chez les locuteurs natifs soulève la question de la comparabilité des motifs électrophysiologiques qu'ils manifestent avec ceux des apprenants. [Tanner et al. \(2014\)](#) proposent d'utiliser le RMI et le RDI pour des expériences contenant des violations syntaxiques. Nous avons tenté d'appliquer ces mesures à nos résultats, et observé la même corrélation négative entre présence d'une P600 et d'une N400 chez les natifs comme chez les apprenants. Cependant, nous n'avons pas pu mettre en avant de corrélation fiable entre RMI et compétence. Le RMI est un indicateur utile, mais davantage de recherches sur les paramètres pouvant l'influencer sont nécessaires pour qu'il puisse servir de mesure fiable de la similarité entre les mécanismes de traitement recrutés par les apprenants et les natifs d'une langue. Les facteurs dont dépendent le RDI sont moins établis encore : le nombre de gauchers dans la famille proche pourrait jouer un rôle chez les locuteurs natifs, et l'âge d'acquisition de la L2 et la motivation à parler comme un natifs chez les apprenants ([Tanner et van Hell, 2014](#)). Chez les natifs, nous avons aussi mis en évidence un effet de la stratégie d'interprétation des phrases : les participants accordant le plus d'importance à la grammaticalité des stimuli étaient plus susceptibles de manifester une P600. En outre, ces indicateurs ne semblent pas s'appliquer à tous les domaines : la magnitude de la réponse n'était pas liée à la compétence pour le traitement des anomalies temporaires provoquées par les décalages prosodie-syntaxe.

Enfin, les différences individuelles dans le type de réponse électrophysiologique observée suggèrent que tous les locuteurs ne privilient pas les mêmes stratégies de traitement. Les conditions d'apprentissage peuvent interagir avec ces préférences initiales en favorisant le recours à certains processus. Ainsi, l'apparition de la P600 étant conditionnée par l'attention portée aux incongruités, un entraînement explicite attirant directement l'attention sur ces violations dispose nécessairement d'un avantage lorsque l'entraînement est court, par rapport à des conditions d'apprentissage implicites dans lesquelles la détection de violations peut demander plus de temps. Même lorsque les incongruités relèvent du domaine de l'interface prosodie-syntaxe,

la P600 semble liée à la compétence spécifique à la tâche et donc à la détection explicite des incongruités, bien que ce lien entre compétence et P600 soit plus ténu que pour des violations morphosyntaxiques. De nombreux paramètres inhérents au protocole peuvent donc favoriser le recours à des connaissances explicites, et ainsi donner un avantage à un apprentissage du même type.

## Synthèse

Nos résultats nous permettent donc d'apporter quelques réponses à nos questions de recherche :

**QR1 : Peut-on reproduire les résultats obtenus en langues artificielles sur du langage naturel, en partant non pas d'un état zéro mais d'un état intermédiaire dans lequel l'apprenant possède certaines connaissances de la L2 ?**

- 1a : Les réponses électrophysiologiques peuvent-elles dans ce cas toujours être modifiées par l'entraînement ?

Nos résultats montrent que c'est bien le cas, tant pour la morphosyntaxe que pour le lien prosodie-syntaxe. Les évolutions sont moins spectaculaires que dans les expériences avec des langues artificielles, mais elles sont bien observables.

- 1b : Les entraînements explicite et implicite peuvent-ils toujours avoir un effet différent sur ces réponses ?

Pour un apprentissage partant de zéro, les études précédentes ont montré un effet des conditions d'entraînement seulement avec une langue artificielle ([Morgan-Short \*et al.\*, 2010, 2012](#)), mais pas avec une langue naturelle miniature ([Batterink et Neville, 2013a](#)). Nos données ne montrent pas d'effets aussi visibles que ceux obtenus avec Brocanto2, mais nous avons observé de légères différences. L'entraînement explicite dans l'Expérience 1 a renforcé la négativité présente entre 200 et 400 ms, contrairement aux études du groupe de Kara Morgan-Short dans lesquelles une négativité antérieure n'était observée que chez les participants ayant suivi un entraînement implicite. Dans l'Expérience 2, l'entraînement implicite a conduit aux recrutement de mécanismes différents de ceux mobilisés par le groupe Explicite, mais qui semblent davantage liés à l'attention qu'à un traitement implicite et inconscient.

**QR2 : L'entraînement implicite peut-il suffire à progresser sur la détection des erreurs même quand la structure fonctionne de manière conflictuelle en L2 et en L1 ?**

L'entraînement implicite conduit bien à une amélioration comportementale, mais uniquement sur l'acceptation des phrases grammaticales. Pour la structure fonctionnant de manière conflictuelle en **L2** et **L1**, l'entraînement explicite a un léger

avantage et permet l'esquisse d'une progression sur la détection des violations grammaticales.

**QR3 : Quels types de connaissances sont développés par ces entraînements chez des participants ayant déjà une connaissance explicite de certains aspects de la langue ?**

Chez le groupe ayant suivi un entraînement implicite, le traitement a conservé un caractère implicite : les participants n'étaient pas conscients de leur apprentissage. Cependant, l'amélioration de la performance est associée au développement et à une utilisation accrue des connaissances explicites. Les réponses électrophysiologiques ne se sont améliorées (renforcement de la négativité antérieure, apparition d'une P600) que chez les participants ayant le meilleur *d'* au post-test, et donc les meilleures connaissances explicites. L'entraînement explicite a donc permis le développement de processus de traitement explicites (reflétés par la P600) mais pas seulement : une négativité antérieure n'a pas été observée à l'issue d'un apprentissage explicite en langue artificielle ([Morgan-Short \*et al.\*, 2010](#)).

**QR4 : Peut-on étendre ces résultats en utilisant un paradigme moins biaisé vers l'apprentissage explicite ? C'est-à-dire :**

- Peut-on entraîner des apprenants à utiliser des indices prosodiques en L2 pour prédire la structure syntaxique des phrases en temps réel et résoudre les ambiguïtés temporelles ?

Nos résultats montrent qu'il est possible d'améliorer la sensibilité aux indices prosodiques provoquant des ambiguïtés syntaxiques. L'anticipation semble également avoir été affinée : l'apparition d'une P600 chez les apprenants les moins compétents en réponse à la présence d'une frontière prosodique superflue reflète le besoin d'une réanalyse, qui n'est nécessaire que si des attentes ont été préalablement formées concernant la structure syntaxiques de la phrase.

- Un apprentissage explicite a-t-il dans ce cas un effet plus bénéfique ?

Malgré le lien qui semble exister entre *d'* sur la tâche comportementale et amplitude et présence de la P600, il n'y avait pas d'avantage pour l'entraînement explicite. L'amélioration du *d'* n'était pas plus grande chez les participants du groupe Explicite, ce qui est surprenant puisque l'entraînement explicite visait directement à améliorer cette compétence. En revanche, le type de réponse visible chez les participants dépendait davantage de la compétence lorsqu'ils avaient suivi un entraînement implicite. Ce dernier a également favorisé le recrutement de processus différents, comme en témoigne l'apparition d'une positivité précoce en lieu et place de la N400 attendue.



# Conclusion

## Apport et intérêt de la thèse

Dans ce travail, nous avons cherché à contribuer aux connaissances sur l'effet des conditions d'apprentissage sur les mécanismes neurocognitifs de traitement de la L2. Nous voulions examiner la possibilité d'étendre à une langue naturelle les résultats obtenus par d'autres chercheurs avec des langues artificielles ou semi-artificielles (voir entre autres Batterink et Neville, 2013a; Morgan-Short *et al.*, 2010, 2012; Mueller, 2005; Mueller *et al.*, 2008; White *et al.*, 2012). Malgré la complexité accrue d'une langue naturelle, et la brièveté de nos entraînements, nos résultats confirment une partie de ceux obtenus avec des langues artificielles. Nous avons montré que des entraînements explicites et implicites peuvent mener à une amélioration similaire de la performance comportementale. Nous avons également observé qu'une positivité précoce peut apparaître chez des locuteurs ayant été exposé à des règles métalinguistiques, comme dans l'expérience de Morgan-Short *et al.* (2012), mais elle n'a pas été relevée pour toutes les conditions.

Un deuxième objectif de nos recherches était d'examiner l'impact des entraînements à un niveau de compétence intermédiaire plutôt que chez des débutants. Cela avait l'inconvénient de conduire à une hétérogénéité de compétence parmi les participants, puisqu'il est difficile de contrôler totalement leur niveau. Cependant, certains développements ont été observés malgré cette hétérogénéité. Nous avons pu constater que les deux types d'entraînements affectaient différents processus de traitement : dans l'Expérience 1, les participants du groupe Implicit se sont améliorés sur le traitement des stimuli grammaticaux uniquement, alors que leur performance sur les items agrammaticaux était inférieure à celle du groupe Explicite lors du post-test. Au niveau électrophysiologique, les deux entraînements peuvent également conduire au recrutement de mécanismes distincts : dans l'Expérience 2, seul l'entraînement implicite a mené à la mobilisations de mécanismes attentionnels reflétés par la P3. Cependant, nos entraînements ne sont vraisemblablement pas suffisamment longs pour déterminer si un entraînement implicite peut durablement affecter et modifier les processus recrutés pour traiter la L2, lorsque tout le début de l'apprentissage s'est fait de manière explicite.

Nous souhaitions également enrichir la recherche sur la modification des réponses électrophysiologiques par les conditions d'apprentissage. Les entraînements ont bien eu certains effets sur les composantes ERP. Cependant, le fait que nous n'ayons pas soumis les participants à un jugement de grammaticalité concomitant à l'enregistrement du signal rend nos résultats moins exactement comparables à ceux obtenus précédemment, notamment à cause de la nécessité de l'attention pour l'apparition de la P600. Il paraît pourtant nécessaire d'enrichir la littérature sur les ERP obtenus en dehors d'un contexte de jugement de grammaticalité, puisque le traitement naturel de la L2 fait rarement appel à ce type de tâche. Nos résultats permettent toutefois de confirmer l'importance de l'attention portée à la grammaticalité de la phrase dans la nature des réponses électrophysiologiques présentées.

Nous avons cherché à contribuer à la discussion sur les méthodes utilisées pour mesurer les connaissances et processus implicites et explicites. Nos résultats sont en accord avec les articles récents de Suzuki (2017b) et Vafaee *et al.* (2017), qui considèrent que le jugement de grammaticalité, même en temps limité, fait appel à des connaissances explicites plus ou moins automatisées plutôt qu'à des connaissances implicites, comme cela était considéré jusqu'alors (Ellis, 2009b; Godfroid *et al.*, 2015). Nous estimons en outre que les composantes en potentiels évoqués que nous avons mesurées, même dans une fenêtre d'analyse précoce, ne reflètent pas des processus implicites. Les composantes observées dans la fenêtre 200-400 ms sont vraisemblablement des corrélats de mécanismes automatiques, mais pas nécessairement inconscients. Nous soullevons également l'importance du paradigme utilisé, qui peut encourager le recours à des stratégies de traitement particulièrement explicites et donc favoriser l'apparition de composantes plus tardives.

Dans notre première expérience, nous utilisons une méthodologie encore peu employée : le recalage temporel des époques ERP avec la méthode RIDE (Ouyang *et al.*, 2011a)). Cette technique a beaucoup à apporter pour réduire le bruit présent dans le signal EEG moyen, et gagnerait à être utilisée plus systématiquement.

Enfin, un de nos objectifs était d'étendre les études réalisées avec des entraînements au domaine de l'interface prosodie-syntaxe. Cela nous a permis d'étudier l'effet des entraînements sur le traitement non pas d'anomalies mais d'ambigüités syntaxiques. L'étude de ce domaine permet aussi de s'intéresser aux mécanismes d'anticipation, qui peuvent cibler un traitement plus implicite. C'est ce type de mécanismes que mettent en avant les études en eye-tracking utilisant le paradigme du monde visuel, paradigme qui semble pour l'instant le plus à même de cibler avec certitude les connaissances implicites (Suzuki, 2017b). Les effets de nos entraînements sont prometteurs : nous avons bien observé une évolution sur le plan comportemental comme électrophysiologique. Cependant, il serait nécessaire d'étudier l'impact d'une pratique plus longue, et d'évaluer plus précisément les effets de l'entraînement mélodique.

## Contribution aux questions théoriques

Nos résultats ne nous permettent pas d'apporter un soutien empirique définitif à l'une ou l'autre des positions dans le débat de l'interface. Nous constatons que l'entraînement explicite développe en priorité des connaissances explicites, mais cela ne signifie pas que les connaissances implicites ne pourraient pas se développer ensuite avec la pratique. Nos participants n'ont pas une compétence suffisamment élevée pour examiner le développement des connaissances implicites à l'état final. Notre entraînement implicite l'est resté, mais la progression de ces participants semble tout de même avoir été due à la mobilisation de connaissances explicites. L'instruction semble donc bien constituer un raccourci efficace vers une meilleure maîtrise de la **L2**. En particulier, son efficacité est modulée par la similarité **L1-L2** de la structure cible : elle est ainsi particulièrement utile pour corriger des représentations potentiellement erronées résultant d'un transfert depuis la **L1**, et/ou d'une généralisation abusive d'un motif grammatical. Dans notre cas, les mauvaises représentations de la structure avec *Did* pourraient être dues à l'un ou l'autre de ces phénomènes. Même si les représentations abstraites sont correctes, l'instruction permet de recalibrer des automatismes qui pourraient favoriser une interprétation erronée. D'autre part, l'entraînement explicite a conduit au renforcement de la négativité antérieure dans la première expérience, composante qui est associée à la détection automatique des incongruités syntaxiques et non pas à des processus de contrôle comme la P600 : l'instruction a permis le développement de mécanismes n'étant pas totalement explicites.

Nous avons constaté que pour certains participants, les difficultés associées au traitement de la morphosyntaxe étaient réellement dues à un déficit de compétence : il semble que leurs représentations mentales de la structure cible étaient erronées. Cependant, ce n'était pas le cas de tous les apprenants. Les incongruités avec *Did* étaient bien détectées, comme en témoigne la présence de la positivité précoce, mais n'étaient pas réanalysées ou pas interprétées comme agrammaticales. Le fait que l'amélioration du **d'** au post-test s'accompagne d'un ralentissement de la réaction suggère que les problèmes rencontrés par une majorité de nos apprenants sont liés à un déficit au niveau de la performance : ils sont plus aptes à évaluer la grammaticalité des stimuli lorsqu'ils disposent de plus de temps. Ils semblent donc victimes d'un déficit au niveau de la **procéduralisation** de leurs connaissances.

Enfin, notre deuxième expérience contribue au débat sur la possibilité d'anticiper la structure de l'input en **L2**. Nos résultats étendent à des apprenants intermédiaires les observations faites avec des apprenants avancés (**Kotz et al., 2008; Nickels et al., 2013; Nickels et Steinhauer, 2018**) : les effets de *garden-path*, y compris lorsqu'ils sont créés à l'oral par des décalages prosodie-syntaxe, peuvent induire des réponses électrophysiologiques semblables à celles des natifs. La présence de ces effet confirme que le traitement est incrémental même à un niveau de compétence intermédiaire,

mais aussi que des attentes structurelles sont formées. Cependant, les ERP dans la condition la plus flagrante (frontière prosodique superflue) sont directement liés à la capacité à discriminer les incongruités prosodiques, et donc à utiliser les indices prosodiques pour anticiper la structure. En effet, si les stimuli sont classés comme naturels malgré la présence du décalage prosodie-syntaxe, c'est que la structure syntaxique dans sa globalité est considérée comme acceptable — ce qu'elle est — et que le traitement est plus global qu'incrémental. La présence de cet effet de compétence chez les locuteurs natifs suggère que même chez les monolingues, des stratégies et des sensibilités différentes peuvent influencer la manière de traiter le langage, ce qui va dans le sens des différences individuelles observées par [Tanner et al. \(2014\)](#) et [Tanner et van Hell \(2014\)](#).

## Applications possibles

Cette thèse n'a pas vocation à être directement applicable dans la salle de classe, d'une part parce que nous n'abordons pas réellement la question de l'enseignement, et d'autre part parce que les conditions d'apprentissage en laboratoire et en classe sont très différentes. Cependant, certains résultats suggèrent des pistes pouvant être profitables en classe. Ainsi, ils confirment l'intérêt d'avoir recours à une pratique plus explicite pour des structures fonctionnant de manière conflictuelle entre les langues de l'apprenant. Cela va dans le sens de l'étude de [McManus et Marsden \(2017\)](#), qui montrent que des explications à propos de la L1 peuvent améliorer la performance en L2. Notre travail souligne également l'intérêt d'intégrer à l'enseignement une sensibilisation à la prosodie, sous forme explicite ou non, afin de faciliter le traitement syntaxique à l'oral.

Si l'[EEG](#) est une technique coûteuse habituellement réservée aux laboratoires, il existe aujourd'hui des systèmes portables dont le coût réduit permet d'envisager leur déploiement en salle de classe. La recherche en [EEG](#) pourrait ainsi être étendue à des contextes plus appliqués. De plus, grâce à ce type de matériel, on peut imaginer sensibiliser les élèves à l'existence de corrélats électrophysiologiques du traitement du langage. Constater l'évolution de leurs réponses [ERP](#) à divers aspects de leur L2, à différents moments de leur apprentissage, pourrait éveiller leur intérêt scientifique, mais aussi stimuler leur sentiment de réussite.

## Limitations et suggestions pour de futures recherches

Dans ce travail, nous avons tenté au mieux de résoudre les différentes difficultés méthodologiques qui se sont présentées ; mais notre recherche comporte certaines limites. Un premier reproche qui pourrait être adressé à nos études concerne le nombre

de participants, qui se situe dans la moyenne basse des standards du domaine. Si le temps et les moyens nous l'avaient permis, nous aurions aimé inclure plus de sujets, notamment pour pouvoir réaliser de meilleures analyses des différences individuelles et mieux intégrer le facteur Compétence.

Étudier une population ayant des connaissances préalables de sa **L2** était un de nos objectifs de recherche, et nous considérons cette étape comme indispensable pour poursuivre les recherches réalisées en langues artificielles, mais ce choix a engendré plusieurs difficultés. Il nous était ainsi impossible de contrôler exactement les connaissances préalables des participants. La répartition aléatoire dans les groupes a pu créer des disparités dès le pré-test, comme cela semble avoir été le cas dans la première expérience. Malgré nos évaluations de niveau, les degrés de compétence des participants étaient très disparates. Dans l'Expérience 1 notamment, nous avions fait le choix de faire appel à des étudiants de première année à l'université, ce qui a conduit à une très grande hétérogénéité du point de vue de la compétence, mais aussi des motivations à participer à l'expérience et à parler anglais. Ce problème a été en partie résolu dans l'Expérience 2. Pour avoir une cohorte plus homogène, il faudrait pouvoir utiliser des évaluations de niveau plus performantes et sélectionner davantage les participants. Cependant, au vu de la difficulté à recruter des personnes disposées à revenir au laboratoire plusieurs fois pour réaliser l'intégralité de l'expérience, et ce malgré une compensation financière, il semble peu réaliste d'exclure plus de candidats volontaires. D'autre part, l'hétérogénéité des niveaux correspond également à la situation en classe, et il est intéressant d'évaluer comment des participants à la compétence variable répondent au même entraînement.

Nos résultats montrent que l'attitude des participants vis-à-vis de la grammaire, et plus précisément l'importance qu'ils lui accordent pour interpréter l'**input**, peut influencer la nature des composantes **ERP**. Il serait intéressant de comparer les **ERP** en réponse à des violations semblables en **L1** et en **L2**, afin de tester si le **RDI** est corrélé entre les deux langues. Leur maîtrise de la grammaire de la **L1**, et l'importance que les apprenants accordent à la correction grammaticale, pourraient également affecter leur traitement de la **L2**. Un élément du questionnaire initial visait à vérifier cette hypothèse : on demandait aux participants s'il leur arrivait de faire des fautes à l'écrit en français. Cependant, les réponses de nos apprenants à cette question n'ont pas clarifié ce point : ils ont tous répondu ne faire aucune faute, alors que les messages échangés avec l'expérimentatrice attestaient parfois du contraire.

L'importance accordée à la correction grammaticale en **L2** pourrait aussi être dépendante des objectifs des apprenants : souhaitent-ils seulement communiquer ou avoir un anglais proche de celui d'un locuteur natif ? Culturellement, l'éducation française pousse à accorder une grande importance à la correction grammaticale,

mais cela peut contraster avec les objectifs de certains apprenants. La nature de la motivation semble influencer le RDI (Tanner et van Hell, 2014) : il serait donc bénéfique de l'intégrer aux futures recherches sur les corrélats électrophysiologiques du traitement de la L2. La question des différences individuelles fait l'objet de nombreuses recherches aujourd'hui, et avec raison. Il serait souhaitable d'étendre ces études à la manière de comparer apprenants et locuteurs natifs en dépit de ou même grâce à ces différences.

Certaines limitations de notre travail sont liées à la difficulté de créer un entraînement véritablement implicite. Il semble important de continuer à tester des paradigmes ne comportant pas de violations syntaxiques, du fait des biais explicites inhérents à ce type de tâche. Le paradigme du monde visuel utilisé en eye-tracking est sur ce point très prometteur, et une adaptation à l'EEG ou comme entraînement pourrait être envisagé. Il a cependant l'inconvénient de ne pas être applicable à toutes les structures.

Le maintien du caractère implicite d'un entraînement est d'autant plus difficile lorsque les participants ont des connaissances préalables de leur L2, puisqu'un pré-test est alors nécessaire, et peut dès le départ attirer l'attention sur la structure cible. De même, il est difficile d'évaluer la compétence spécifique à la structure sans recourir à un jugement d'acceptabilité grammaticale, qui a en outre l'avantage de fournir une mesure complémentaire facilement analysable. Pourtant, l'utilisation de cette méthode interfère avec le caractère implicite de l'expérience.

L'étude des mécanismes d'anticipation par le biais de l'interface prosodie-syntaxe permet d'éviter de recourir à des violations et de cibler avantageusement les connaissances réellement implicites. Cependant, d'autres études seront nécessaires pour tester l'impact réel des entraînements dans ce domaine, en augmentant leur durée et en examinant plus avant le lien entre aptitudes musicales et traitement prosodique.

De nombreux éléments restent à découvrir dans le domaine de l'AL2, et plus particulièrement dans le champ des études sur les mécanismes d'apprentissage explicites et implicites. Nous pensons qu'il est important notamment de continuer à tenter de limiter les biais explicites des tests utilisés si l'on souhaite pouvoir cibler réellement les mécanismes de traitement implicites et leur amélioration en lien avec l'entraînement. Nos entraînements sont courts, et ne fournissent qu'une fenêtre très étroite sur l'apprentissage de la L2 : il sera souhaitable de conduire des études longitudinales, qui trouveront d'autant plus facilement une application dans la salle de classe.

# Glossaire

**acquisition** Dans la théorie de Krashen (1981), l'acquisition d'une langue est implicite, par opposition à l'apprentissage, qui est explicite. La langue maternelle est acquise alors que toute langue supplémentaire acquise après la période critique est apprise, en faisant appel à des mécanismes totalement différents. L'acquisition est inconsciente et sans effort.

Dans notre travail, nous utilisons acquisition et apprentissage pour renvoyer au phénomène d'amélioration progressive de la maîtrise de la L2 sans implications sur la manière dont se fait cet apprentissage (implicite, explicite ou les deux à la fois). 9, 52

**Acquisition des Langues Secondes (AL2)** Champ de recherche faisant partie de la linguistique appliquée, s'intéressant à l'acquisition et au traitement d'une deuxième langue apprise dans l'enfance ou à l'âge adulte, en immersion ou en contexte scolaire. 1–3, 5, 17, 28, 46, 51, 58, 364

**apprentissage** Dans la théorie de Krashen (1981), l'apprentissage est nécessairement explicite, par opposition à l'acquisition, qui est implicite. Il est le résultat de l'instruction, fait appel à l'attention et n'a aucune incidence sur les connaissances implicites.

Dans notre travail, nous utilisons acquisition et apprentissage pour renvoyer au phénomène d'amélioration progressive de la maîtrise de la L2 sans implications sur la manière dont se fait cet apprentissage (implicite, explicite ou les deux à la fois). 52

**apprentissage explicite** Apprentissage intentionnel, dans lequel les participants doivent chercher les règles présentées et/ou les appliquer, et savent qu'ils seront testés sur leurs connaissances grammaticales à l'issue de l'expérience. Les participants sont conscients d'avoir appris quelque chose et connaissent l'objet de cet apprentissage. 2, 3, 6, 37, 38, 42–46, 49, 52, 56, 61, 91–94

**apprentissage fortuit** Apprentissage non intentionnel, qui peut ou non devenir conscient. Les participants ne savent pas qu'ils seront testés sur leurs connaissances grammaticales et ne reçoivent pas d'indication concernant la structure cible, ni l'instruction de chercher des régularités dans l'input. Ils peuvent ce-

pendant au fur et à mesure de l'expérience devenir conscients qu'ils sont en train d'apprendre quelque chose et de ce qu'ils apprennent. 6, 15, 26, 36, 40, 51

**apprentissage implicite** Dans son acception la plus extrême, apprentissage non intentionnel et non conscient : les participants ne doivent pas avoir conscience d'avoir appris quoi que ce soit. Dans cette thèse, sauf mention contraire, le terme d'apprentissage implicite renverra plutôt à une définition plus mesurée de l'apprentissage implicite, c'est-à-dire à un apprentissage fortuit. 2, 3, 6, 15, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 35, 40, 42–45, 49, 51–53, 78, 92, 93, 151

**bilingue** Le terme « bilingue » a des sens différents selon le domaine d'études. En linguistique, on considère généralement comme bilingue une personne parlant deux langues au même niveau de compétence, ou du moins parlant deux langues couramment. En psychologie et psycholinguistique, est bilingue toute personne parlant deux langues, quel que soit son niveau de compétence dans chacune d'entre elle. Une personne ayant appris une deuxième langue en milieu scolaire et ne la parlant qu'avec un niveau intermédiaire est donc considéré comme bilingue en psycholinguistique. Dans ce travail, nous employons le terme « bilingue » avec le sens qui lui est attribué en psychologie. Nos participants peuvent donc être décrits comme des bilingues tardifs, par opposition aux bilingues simultanés, catégorie qui correspond au sens généralement attribué au terme « bilingue » dans les travaux de linguistique. 19, 229

#### Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECR)

Document édité par le [Conseil Européen \(2001\)](#) pour harmoniser l'évaluation du niveau de compétence en langues étrangères au sein de la communauté européenne.

147

**Closure Positive Shift (CPS)** Onde positive bilatérale présente en réponse à une frontière prosodique, maximale entre 0 et 600 ms après le début de la pause. 238, 239, 241, 243, 244, 248, 251, 292, 295, 297–299, 302, 304–306, 309, 332–334, 339, 340, 342, 345, 347, 351

**connaissances explicites** Connaissances accessibles à la conscience et à l'attention. Elles peuvent généralement être verbalisées. Leur mobilisation demande plus de temps et de ressources cognitives que les connaissances implicites. 2, 3, 7, 20, 23, 25, 26, 29, 39, 40, 47–54, 56, 58–62, 66, 79, 88, 93, 105, 130, 131, 143, 169, 170, 172, 177, 180, 182, 183, 200, 205, 206, 208–213, 215–218, 251, 271, 281, 352–354, 360

**connaissances explicites très automatisées** En anglais *Highly Automatized Explicit Knowledge*, d'après un concept de [Suzuki \(2017b\)](#). Connaissances acces-

sibles à la conscience mais totalement automatisées. Elles peuvent être mobilisées aussi rapidement que les connaissances implicites et peuvent donc jouer un rôle similaire lors du traitement de la L2.

50, 51, 56, 59, 61, 130, 212, 217

**connaissances implicites** Connaissances automatiques et inconscientes. Une partie d'entre elles est traitée en mémoire procédurale mais pas la totalité. Elles ne sont pas verbalisables. Elles peuvent être mobilisées très rapidement et de manière inconsciente : sans effort et sans attention. 2, 3, 7, 8, 20, 22, 23, 25, 40, 45–54, 56, 58–62, 66, 130, 177, 182–184, 205, 211, 216, 224, 352, 354, 360

**conscience** État subjectif lié à l'attention, connaissances claires de quelque chose. Les connaissances sont conscientes lorsque les apprenants savent qu'ils les ont et savent leur contenu de manière suffisamment nette pour en tenir compte. 7, 25, 26, 35–37, 40, 43, 48, 50, 51, 157

**deuxième langue (L2)** Langue supplémentaire apprise après la langue maternelle, quel que soit le contexte d'acquisition (langue seconde ou langue étrangère). 1–6, 14, 16–24, 26–46, 49–51, 53, 54, 56, 59, 70, 76, 78–86, 89–94, 100–112, 125, 126, 129–131, 150, 170, 193, 196, 202, 205, 207, 208, 210–212, 214, 217, 218, 227–229, 239, 241, 242, 245–249, 331, 332, 342, 347, 349, 351, 353–356, 359–364

**Early Left Anterior Negativity (ELAN)** Négativité antérieure gauche précoce (100–300 ms), observée en particulier en réponse à des violations de catégorie grammaticale.

71, 78, 80, 226, 228, 243, 244, 354, 355

**Early Right Anterior Negativity (ERAN)** Négativité antérieure droite précoce, observée en particulier en réponse à des violations de la syntaxe musicale. 243, 244

**Électroencéphalographie (EEG)** Technique d'exploration cérébrale mesurant l'activité électrique des neurones du cortex cérébral, notamment en réponse à des événements particuliers, grâce à des électrodes placées sur le cuir chevelu. 3–5, 18, 66, 68, 70, 80, 82, 87–89, 93, 94, 139, 140, 142, 144–146, 148, 153, 156, 158, 159, 168, 200, 205, 206, 210, 214, 217, 224, 225, 228, 229, 232, 235, 239, 242, 247, 249, 254, 270, 271, 273, 275, 331, 346, 348, 362, 364

**fossilisation** Phénomène d'arrêt de l'évolution des apprentissages linguistiques, lorsque les apprenants continuent à commettre des erreurs de performance malgré des conditions d'apprentissage favorable, et parfois malgré des connaissances explicites conformes à la cible. L'interlangue est figée dans une production non conforme et n'évolue plus. La fossilisation peut ne concerner que certains domaines très précis, comme la morphologie de l'accord. 54, 100

**fréquence fondamentale (f0)** La fréquence fondamentale est la fréquence de vibration des cordes vocales, qui est un corrélat de la hauteur perçue d'un son de parole. 232, 233, 236–238, 241, 245, 246, 251, 260–262, 268, 269, 273

**indice de sensibilité ( $d'$ )** Indice de sensibilité d'après la théorie de la détection du signal de [Tanner et al. \(1954\)](#), qui permet d'estimer la sensibilité au signal indépendamment du critère de réponse des participants. Cette mesure est donc considérée comme plus fiable qu'un pourcentage de réponses correctes. 155, 156, 161, 172–174, 176–179, 186, 190, 191, 197, 200, 206, 209–211, 213–215, 217, 251, 275, 277, 278, 284, 295, 298, 303, 313, 318, 320, 322, 325, 333, 335–337, 340–344, 346, 348, 349, 351–354, 357, 361

**input** Ensemble du contenu linguistique auquel l'apprenant est exposé. xxi, 5–8, 14–16, 18, 22–30, 32–34, 36–38, 41, 43–45, 52, 53, 56, 74, 75, 80, 84, 91, 92, 102–104, 107–110, 112, 125, 126, 210, 224, 225, 227, 228, 230, 233, 234, 238–240, 242, 244, 245, 248, 339, 349, 363

**intake** Portions de l'input qui ont été traitées en mémoire de travail et ont fait l'objet d'attention. Ces données sont récupérables et font ensuite partie de la compétence linguistique des apprenants. Il ne s'agit pas seulement d'un sous-ensemble de l'input : l'*intake* peut inclure des données traitées de manière incorrecte (par exemple lorsque de mauvaises associations forme-sens sont créées). xxi, 28, 30, 35, 36

**Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)** Méthode d'imagerie utilisant le principe de la résonance magnétique nucléaire pour visualiser les organes et tissus mous en deux ou trois dimensions. 3, 18, 70

**Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf)** Application de l'Imagerie par Résonance Magnétique permettant de visualiser l'activité cérébrale avec une grande précision spatiale. Elle enregistre des variations hémodynamiques locales dans des zones cérébrales stimulées par l'expérience. 19, 22, 78, 93

**langue maternelle (L1)** Première langue acquise par l'enfant d'après l'environnement dans lequel il grandit, généralement la langue de ses parents. Les deux langues des enfants bilingues simultanés sont considérées comme des L1. 2–5, 14, 17–19, 21–23, 27, 30–39, 41, 45, 46, 51, 53, 56, 59, 78, 80, 81, 83, 86, 89, 90, 92–94, 100, 101, 103, 105, 107, 109–112, 126, 130, 134, 193, 196, 202, 205, 210–212, 217, 218, 227–229, 239, 241, 247, 254, 333, 347–351, 353, 356, 361–363

**langue seconde** Langue non maternelle apprise dans un contexte d'immersion, pour faire face aux besoins du quotidien, typiquement dans des situations d'immigration. Cependant, dans le champ de recherche de l'acquisition des langues secondes (*Second Language Acquisition*), ce terme est souvent compris

comme faisant également référence aux langues étrangères apprises hors des situations d'immigration. 17

**langue étrangère** Langue non maternelle apprise dans un pays où elle n'est pas la langue dominante, par intérêt ou obligation scolaire. 1, 2, 5, 17, 227, 230, 245, 249, 255

**Magnétoencéphalographie (MEG)** Méthode d'exploration cérébrale mesurant les champs magnétiques créés par l'activité électrique des neurones. 222

**mémoire de travail** Système cognitif permettant de stocker et de manipuler de l'information. Ses capacités sont limitées. Dans le modèle de Baddeley (2000), elle contient plusieurs sous-composantes : une boucle phonologique, un calepin visio-spatial, un tampon épisodique et un administrateur central qui contrôle l'allocation des ressources attentionnelles. 7, 8, 28, 31, 37, 42, 43, 72, 104, 107, 214, 230, 244, 248, 339

**mémoire déclarative** Système de mémoire à long-terme permettant la rétention et la récupération d'informations la plupart du temps explicites. Elle comprend la mémoire épisodique ou mémoire des évènements, et la mémoire sémantique qui permet la rétention de concepts théoriques et de faits. 7–9, 18–23, 33, 35, 43, 54, 73, 82, 90, 102, 103, 107, 143, 168

**mémoire procédurale** Système de mémoire à long-terme associé aux compétences et savoir-faires implicites et automatiques. Elle sous-tend notamment les habiletés motrices et les gestes habituels. Pour le langage, elle est associée au traitement de la grammaire et des processus combinatoires de la langue maternelle. 7–9, 18–23, 32, 42, 43, 54, 82, 87, 90, 103, 105, 107

**mémoire verbale** Terme générique pouvant se référer à la mémoire à long ou court terme, renvoyant à la mémoire d'éléments verbaux ou d'éléments d'autres modalités (visuelle, auditive, sensorielle) recodés sous forme verbale.  
8, 21, 82, 107, 244, 246

**oddball** Paradigme expérimental dans lequel les participants sont exposés à des séquences répétitives d'un même stimulus standard, interrompues ponctuellement par un stimulus déviant (environ 20 % du temps). Ce protocole est fréquemment utilisé en EEG pour provoquer l'onde P3 lorsqu'il est accompagné d'une tâche de détection consciente des déviants (par exemple compter le nombre de déviants ou appuyer sur un bouton lorsqu'un déviant est rencontré).  
339

**potentiels évoqués (ERP)** Les potentiels évoqués (*Event-Related Potentials*) sont des modifications de l'activité électrique des neurones en réponse à une stimulation extérieure, dans notre cas une incongruité syntaxique ou prosodique. 3, 5, 68, 84, 158–160, 213, 226, 247, 339, 342, 351–355, 360, 362, 363

**procéduralisation** Acquisition graduelle des connaissances grammaticales en mémoire procédurale, accompagnée par une baisse de l'importance de la mémoire déclarative dans le traitement de la grammaire de la L2. Il ne s'agit pas d'une transformation des connaissances explicites en représentations procédurales. 22, 44, 56, 87, 217, 361

**Response Dominance Index (RDI)** Indice de Dominance de la Réponse, indiquant si la réponse en potentiels évoqués est plus proche d'une N400 ou d'une P600. 199–202, 204, 355, 363, 364

**Residue Iteration Decomposition (RIDE)** Méthode de décomposition des résidus par itération de Ouyang *et al.* (2011a), permettant de distinguer les groupes de composantes en potentiels évoqués superposées dans un signal EEG. 159, 360

**Response Magnitude Index (RMI)** Indice de Magnitude de la Réponse, indiquant l'amplitude de la réponse quelle que soit sa direction ou le type de composante. 202–204, 209, 210, 355

**Tomographie par Émission de Positons (TEP)** Méthode d'imagerie médicale permettant de visualiser en trois dimensions l'activité d'un organe, grâce à l'injection d'un produit radioactif.

# Bibliographie

- ABUTALEBI, J. (2008). Neural aspects of second language representation and language control. *Acta Psychologica*, 128(3):466–478.
- AHMADI, M. et QUIAN, R. (2013). Automatic denoising of single-trial evoked potentials. *NeuroImage*, 66:672–680.
- ALEGRE, M. et GORDON, P. (1999). Frequency effects and the representational status of regular inflections. *Journal of Memory and Language*, 40(1):41–61.
- ALEMÁN BAÑÓN, J., FIORENTINO, R. et GABRIELE, A. (2014). Morphosyntactic processing in advanced second language (L2) learners : An event-related potential investigation of the effects of L1–L2 similarity and structural distance. *Second Language Research*, 30(3):275–306.
- ALEMÁN BAÑÓN, J., MILLER, D. et ROTHMAN, J. (2017). Morphological variability in second language learners : An examination of electrophysiological and production data. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 43(10):1509–1536.
- ALTARRIBA, J., KROLL, J. F., SHOLL, A. et RAYNER, K. (1996). The influence of lexical and conceptual constraints on reading mixed-language sentences : Evidence from eye fixations and naming times. *Memory & Cognition*, 24(4):477–492.
- ALTMANN, G. et STEEDMAN, M. (1988). Interaction with context during human sentence processing. *Cognition*, 30(3):191–238.
- ANDRINGA, S. et CURCIC, M. (2015). How explicit knowledge affects online L2 processing. *Studies in Second Language Acquisition*, 37(2):237–268.
- ANDRINGA, S. et REBUSCHAT, P. (2015). New directions in the study of implicit and explicit learning. *Studies in Second Language Acquisition*, 37(2):185–196.
- ANVARI, S. H., TRAINOR, L. J., WOODSIDE, J. et LEVY, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83(2):111–130.

- ASTÉSANO, C., BESSON, M. et ALTER, K. (2004). Brain potentials during semantic and prosodic processing in French. *Cognitive Brain Research*, 18(2):172–184.
- BAAYEN, R., DIJKSTRA, T. et SCHREUDER, R. (1997). Singulars and plurals in Dutch : Evidence for a parallel dual-route model. *Journal of Memory and Language*, 37(1):94–117.
- BADDELEY, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044):556–559.
- BADDELEY, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory ? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11):417–423.
- BADDELEY, A. (2003). Working memory and language : An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3):189–208.
- BARBER, H. et CARREIRAS, M. (2005). Grammatical gender and number agreement in Spanish : An ERP comparison. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(1):137–153.
- BARDOVI-HARLIG, K. (2000). *Tense and aspect in second language acquisition : form, meaning and use*. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ.
- BARR, D. J., LEVY, R., SCHEEPERS, C. et TILY, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing : Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 44:255–278.
- BARTÓN, K. (2018). MuMIn : multi-model inference. Package R, Version 1.40.4.
- BATES, D., KLIEGL, R., VASISHTH, S. et BAAYEN, H. (2015a). Parsimonious Mixed Models. *arXiv :1506.04967*.
- BATES, D., MAECHLER, M., BOLKER, B., WALKER, S., CHRISTENSEN, R. H. B., SINGMANN, H., DAI, B., GROTHENDIECK, G. et GREEN, P. (2015b). lme4 : Linear mixed-effects models using ‘Eigen’ and S4. Package R, Version 1.1-9.
- BATES, E. et GOODMAN, J. (1997). On the inseparability of grammar and the lexicon : Evidence from acquisition, aphasia and real-time processing. *Language and Cognitive Processes*, 12:507–586.
- BATTERINK, L. et NEVILLE, H. (2013a). Implicit and explicit second language training recruit common neural mechanisms for syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(6):936–951.
- BATTERINK, L. et NEVILLE, H. J. (2013b). The human brain processes syntax in the absence of conscious awareness. *The Journal of Neuroscience*, 33(19):8528–8533.

- BATTERINK, L. J., REBER, P. J., NEVILLE, H. J. et PALLER, K. A. (2015). Implicit and explicit contributions to statistical learning. *Journal of Memory and Language*, 83:62–78.
- BEACH, C. M. (1991). The interpretation of prosodic patterns at points of syntactic structure ambiguity : Evidence for cue trading relations. *Journal of Memory and Language*, 30(6):644–663.
- BEAUNIEUX, H., HUBERT, V., WITKOWSKI, T., PITEL, A. L., ROSSI, S., DANION, J. M., DESGRANGES, B. et EUSTACHE, F. (2006). Which processes are involved in cognitive procedural learning ? *Memory*, 14(5):521–539.
- BELL, P. K. (2017). Explicit and implicit learning : Exploring their simultaneity and immediate effectiveness. *Applied Linguistics*, 38(3):297–317.
- BERNOLET, S. et HARTSUIKER, R. J. (2018). Syntactic representations in late learners of a second language : a learning trajectory. In MILLER, D., BAYRAM, F., ROTHMAN, J. et SERRATRICE, L., éditeurs : *Bilingual cognition and language : The state of the science across its subfields*, pages 205–223. John Benjamins, Amsterdam.
- BESSON, M. et FRIEDERICI, A. D. (1998). Language and music : A comparative view. *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, 16(1):1–9.
- BEVER, T. G. (1970). The cognitive basis for linguistic structure. In HAYES, J. R., éditeur : *Cognition and the development of language*, pages 279–362. Wiley, Hoboken, NJ.
- BIALYSTOK, E. (1978). A theoretical model of second language learning. *Language Learning*, 28(1):69–83.
- BIDELMAN, G. M., WEISS, M. W., MORENO, S. et ALAIN, C. (2014). Coordinated plasticity in brainstem and auditory cortex contributes to enhanced categorical speech perception in musicians. *The European Journal of Neuroscience*, 40(4): 2662–2673.
- BIRDSONG, D. (2006). Age and second language acquisition and processing : A selective overview. *Language Learning*, 56(1):9–49.
- BLEY-VROMAN, R. (1989). What is the logical problem of foreign language learning ? In GASS, S. M. et SCHACHTER, J., éditeurs : *Linguistic perspectives on second language acquisition*, pages 41–68. Cambridge University Press, Cambridge.
- BOERSMA, P. et WEENINK, D. (2015). Praat : doing phonetics by computer. Version 5.4.06.

- BÖGELS, S., SCHRIEFERS, H., VONK, W. et CHWILLA, D. J. (2011). Prosodic breaks in sentence processing investigated by event-related potentials. *Linguistics and Language Compass*, 5(7):424–440.
- BÖGELS, S., SCHRIEFERS, H., VONK, W., CHWILLA, D. J. et KERKHOFS, R. (2010). The interplay between prosody and syntax in sentence processing : The case of subject- and object-control verbs. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(5):1036–1053.
- BÖGELS, S., SCHRIEFERS, H., VONK, W., CHWILLA, D. J. et KERKHOFS, R. (2013). Processing consequences of superfluous and missing prosodic breaks in auditory sentence comprehension. *Neuropsychologia*, 51(13):2715–2728.
- BOND, K., GABRIELE, A., FIORENTINO, R. et ALEMÁN BAÑÓN, J. (2011). Individual differences and the role of the L1 in L2 processing : An ERP investigation. In TANNER, D. et HERSCHENSOHN, J., éditeurs : *Proceedings of the 11th Generative Approaches to Second Language Acquisition Conference (GASLA 2011)*, pages 17–29, Somerville, MA. Cascadilla Proceedings Project.
- BORNKESSEL, I. et SCHLESEWSKY, M. (2006). The extended argument dependency model : A neurocognitive approach to sentence comprehension across languages. *Psychological Review*, 113(4):787–821.
- BORNKESSEL-SCHLESEWSKY, I., KRETZSCHMAR, F., TUNE, S., WANG, L., GENÇ, S., PHILIPP, M., ROEHM, D. et SCHLESEWSKY, M. (2011). Think globally : Cross-linguistic variation in electrophysiological activity during sentence comprehension. *Brain and Language*, 117(3):133–152.
- BORNKESSEL-SCHLESEWSKY, I. et SCHLESEWSKY, M. (2008). An alternative perspective on “semantic P600” effects in language comprehension. *Brain Research Reviews*, 59(1):55–73.
- BOROVSKY, A., ELMAN, J. L. et FERNALD, A. (2012). Knowing a lot for one’s age : Vocabulary skill and not age is associated with anticipatory incremental sentence interpretation in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(4):417–436.
- BOWDEN, H. W., GELFAND, M. P., SANZ, C. et ULLMAN, M. T. (2010). Verbal inflectional morphology in L1 and L2 Spanish : A frequency effects study examining storage versus composition. *Language Learning*, 60(1):44–87.
- BOWDEN, H. W., STEINHAUER, K., SANZ, C. et ULLMAN, M. T. (2013). Native-like brain processing of syntax can be attained by university foreign language learners. *Neuropsychologia*, 51(13):2492–511.

- BRAINARD, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10:433–436.
- BRANDT, A., GEBRIAN, M. et SLEVČ, L. R. (2012). Music and early language acquisition. *Frontiers in Psychology*, 3:327.
- BRENNAN, J. R. et PYLKKÄNEN, L. (2017). MEG evidence for incremental sentence composition in the anterior temporal lobe. *Cognitive Science*, 41:1515–1531.
- BRILL-SCHUETZ, K. A. et MORGAN-SHORT, K. (2014). The role of procedural memory in adult second language acquisition. In *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pages 260–265.
- BROOKS, P. J., KEMPE, V. et SIONOV, A. (2006). The role of learner and input variables in learning inflectional morphology. *Applied Psycholinguistics*, 27:185–209.
- BROUWER, A.-M., HOGERVORST, M. A., van ERP, J. B. F., HEFFELAAR, T., ZIMMERMAN, P. H. et OOSTENVELD, R. (2012). Estimating workload using EEG spectral power and ERPs in the n-back task. *Journal of Neural Engineering*, 9(4):045008.
- BROVETTO, C. et ULLMAN, M. (2005). The mental representation and processing of Spanish verbal morphology. In EDDINGTON, D., éditeur : *Selected Proceedings of the 7th Hispanic linguistics symposium*, pages 98–105, Somerville, MA. Cascadilla Proceedings Project.
- BROWMAN, C. P. et GOLDSTEIN, L. (1992). Articulatory phonology : An overview. *Phonetica*, 49(3-4):155–180.
- BRUTON, A. (2000). What exactly are positive and negative evidence in SLA ? *RELC Journal*, 31(2):120–133.
- BUTZLAFF, R. (2000). Can music be used to teach reading ? *Journal of Aesthetic Education*, 34(3):167–178.
- BYRD, D., KRIVOKAPIĆ, J. et LEE, S. (2006). How far, how long : On the temporal scope of prosodic boundary effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(3):1589–1599.
- BYRD, D. et SALTZMAN, E. (2003). The elastic phrase : Modeling the dynamics of boundary-adjacent lengthening. *Journal of Phonetics*, 31(2):149–180.
- CAFFARRA, S., MOLINARO, N., DAVIDSON, D. et CARREIRAS, M. (2015). Second language syntactic processing revealed through event-related potentials : An empirical review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 51:31–47.

- CALDWELL-HARRIS, C. L., LANCASTER, A., LADD, D. R., DEDIU, D. et CHRISTIANSEN, M. H. (2015). Factors influencing sensitivity to lexical tone in an artificial language : Implications for second language learning. *Studies in Second Language Acquisition*, 37:335–357.
- CARHART, R. et JERGER, J. F. (1959). Preferred method for clinical determination of pure-tone thresholds. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 24(4):330–345.
- CARNIE, A. (2006). *Syntax : A generative introduction*. Blackwell, Oxford, 2ème édition.
- CARPENTER, H. S. (2008). *A behavioral and electrophysiological investigation of different aptitudes for L2 grammar in learners equated for proficiency level*. Thèse de doctorat, Georgetown University, Washington D.C.
- CHAN, A. S., HO, Y. C. et CHEUNG, M. C. (1998). Music training improves verbal memory. *Nature*, 396(6707):128.
- CHAN, C. (1992). *Implicit cognitive processes : Theoretical issues and applications in computer systems design*. Thèse de doctorat, University of Oxford.
- CHANCELADE, C., JANISSIN, P., FIRET, J.-F., GUÉGNARD, C., BENOIT, P. et VOGT, A. (2016). Analyse des besoins des employeurs français au regard des compétences en langues étrangères. *Net.Doc*, 152:68. Disponible à l'adresse <http://www.cereq.fr/publications/Net.Doc/Analyse-des-besoins-des-employeurs-francais-au-regard-des-competences-en-langues-etrangeres>.
- CHANG, F., JANCIAUSKAS, M. et FITZ, H. (2012). Language adaptation and learning : Getting explicit about implicit learning. *Linguistics and Language Compass*, 6(5):259–278.
- CHEN, L., SHU, H., LIU, Y., ZHAO, J. et LI, P. (2007). ERP signatures of subject–verb agreement in L2 learning. *Bilingualism : Language and Cognition*, 10(02):161–174.
- CHOBERT, J., FRANÇOIS, C., VELAY, J. L. et BESSON, M. (2014). Twelve months of active musical training in 8-to 10-year-old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time. *Cerebral Cortex*, 24(4):956–967.
- CHOISY, M. (2015). Identifying a cutoff value from bimodal data. Disponible à l'adresse <http://marcchoisy.free.fr/fmm/index.html>.
- CLAHSEN, H. et FELSER, C. (2006). Grammatical processing in language learners. *Applied Psycholinguistics*, 27(01):3–42.

- CLAHSEN, H. et FELSER, C. (2018). Some notes on the Shallow Structure Hypothesis. *Studies in Second Language Acquisition*, 40(3):693–706.
- CLAHSEN, H., FELSER, C., NEUBAUER, K., SATO, M. et SILVA, R. (2010). Morphological structure in native and nonnative language processing. *Language Learning*, 60(1):21–43.
- CLEARY, A. M. et LANGLEY, M. M. (2007). Retention of the structure underlying sentences. *Language and Cognitive Processes*, 22(4):614–628.
- CLEEREMANS, A. et MCCLELLAND, J. L. (1991). Learning the structure of event sequences. *Journal of Experimental Psychology : General*, 120:235–253.
- COLLINS, L. et MARDEN, E. (2016). Cognitive perspectives on classroom language learning. In HALL, G., éditeur : *The Routledge handbook of English language teaching*, pages 281–294. Routledge, Londres.
- CONSEIL EUROPÉEN (2001). *Cadre européen commun de référence pour les langues : apprendre, enseigner, évaluer (CECR)*. Didier.
- CONWAY, C. M. et CHRISTIANSEN, M. H. (2006). Statistical learning within and between modalities : Pitting abstract against stimulus-specific representations. *Psychological Science*, 17(10):905–912.
- CORNAZ, S. et CAUSSADE, D. (2014). Musique, voix chantée et apprentissage : une revue de littérature et quelques propositions d'exploitation en didactique de la phonétique des langues. In ADEN, J. et ARLEO, A., éditeurs : *Langues en mouvement : Didactique des langues et pratiques artistiques*, Nantes. CRINI.
- CUNNINGS, I. (2017). Interference in native and non-native sentence processing. *Bilingualism : Language and Cognition*, 20(4):712–721.
- CUTLER, G. (1997). The role of estrogen in bone growth and maturation during childhood and adolescence. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 61(3-6):141–144.
- DAVIDSON, D. J. et INDEFREY, P. (2007). An inverse relation between event-related and time-frequency violation responses in sentence processing. *Brain Research*, 1158(1):81–92.
- DAVIDSON, D. J. et INDEFREY, P. (2009). An event-related potential study on changes of violation and error responses during morphosyntactic learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(3):433–446.

- DAVIES, M. (2008). The Corpus of Contemporary American English : 450 million words, 1990-present. Disponible à l'adresse <https://corpus.byu.edu/coca/>.
- DAVIES, M. (2013). Corpus of News on the Web (NOW) : 3+ billion words from 20 countries, updated every day. Disponible à l'adresse <https://corpus.byu.edu/now/>.
- de CARVALHO, A., DAUTRICHE, I. et CHRISTOPHE, A. (2016). Preschoolers use phrasal prosody online to constrain syntactic analysis. *Developmental Science*, 19(2):235–250.
- de PIJPER, J. R. et SANDERMAN, A. A. (1994). On the perceptual strength of prosodic boundaries and its relation to suprasegmental cues. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4):2037–2047.
- DEKEYSER, R. (2003). Implicit and explicit learning. In DOUGHTY, C. J. et LONG, M. H., éditeurs : *The handbook of second language acquisition*, pages 311–348. Blackwell, Oxford.
- DEKEYSER, R. (2007). Skill acquisition theory. In VANPATTEN, B. et WILLIAMS, J. N., éditeurs : *Theories in second language acquisition : An introduction*, pages 97–113. Erlbaum, Mahwah, NJ.
- DEKEYSER, R. M. (1995). Learning second language grammar rules : An experiment with a miniature linguistic system. *Language Acquisition*, 17:379–410.
- DEKEYSER, R. M. (1998). Beyond focus on form : Cognitive perspectives on learning and practicing second language grammar. In DOUGHTY, C. J. et WILLIAMS, J. N., éditeurs : *Focus on form in second language acquisition*, pages 42–63. Cambridge University Press, New York.
- DEKEYSER, R. M. (2000). The robustness of critical period effects in second language acquisition. *Studies in Second Language Acquisition*, 22(04):499–533.
- DEKEYSER, R. M. (2005). What makes learning second-language grammar difficult ? A review of issues. *Language Learning*, 55(S1):1–25.
- DELONG, K. A., GROPPE, D. M., URBACH, T. P. et KUTAS, M. (2012). Thinking ahead or not ? Natural aging and anticipation during reading. *Brain and Language*, 121(3):226–239.
- DELONG, K. A., URBACH, T. P. et KUTAS, M. (2005). Probabilistic word pre-activation during language comprehension inferred from electrical brain activity. *Nature Neuroscience*, 8(8):1117–1121.

- DELORME, A. et MAKEIG, S. (2004). EEGLAB : an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *Journal of Neuroscience Methods*, 134:9–21.
- DEMUTH, K. (2001). Prosodic constraints on morphological development. In WEISSENBORN, J. et HÖHLE, B., éditeurs : *Approaches to bootstrapping : Phonological, syntactic and neurophysiological aspects of early language acquisition*, pages 3–21. John Benjamins., Amsterdam.
- DENG, T., ZHOU, H., BI, H. et CHEN, B. (2015). Input-based structure-specific proficiency predicts the neural mechanism of adult L2 syntactic processing. *Brain Research*, 1610:42–50.
- DENHOVSKA, N., SERRATRICE, L. et PAYNE, J. (2016). Acquisition of second language grammar under incidental learning conditions : The role of frequency and working memory. *Language Learning*, 66(1):159–190.
- DIEHL, J. J., FRIEDBERG, C., PAUL, R. et SNEDEKER, J. (2015). The use of prosody during syntactic processing in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Development and Psychopathology*, 27(3):867–884.
- DIENES, Z., ALTMANN, G. T., KWAN, L. et GOODE, A. (1995). Unconscious knowledge of artificial grammars is applied strategically. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 21:1322–1338.
- DIENES, Z. et SCOTT, R. (2005). Measuring unconscious knowledge : distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69(5-6): 338–351.
- DIETRICH, R., KLEIN, W. et NOYAU, C. (1995). *The acquisition of temporality in a second language*. John Benjamins, Amsterdam.
- DIJKSTRA, T., GRAINGER, J. et van HEUVEN, W. J. (1999). Recognition of cognates and interlingual homographs : The neglected role of phonology. *Journal of Memory and Language*, 41(4):496–518.
- DIMROTH, C. (2008). Age effects on the process of L2 acquisition ? Evidence from the acquisition of negation and finiteness in L2 German. *Language Learning*, 58(1):117–150.
- DONCHIN, E. (1981). Surprise !... surprise ? *Psychophysiology*, 18(5):493–513.
- DONCHIN, E. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating ? *Behavioral and Brain Sciences*, 11(3):357–374.

- DOUGHTY, C. J. et LONG, M. H. (2003). *The handbook of second language acquisition*. Blackwell, Oxford.
- DUSSIAS, P. E. et CRAMER SCALTZ, T. R. (2008). Spanish–English L2 speakers' use of subcategorization bias information in the resolution of temporary ambiguity during second language reading. *Acta Psychologica*, 128(3):501–513.
- DUSSIAS, P. E., MARFUL, A., GEFEN, C. et MOLINA, M. T. B. (2010). Usage frequencies of complement-taking verbs in Spanish and English : Data from Spanish monolinguals and Spanish-English bilinguals. *Behavior Research Methods*, 42(4):1004–1011.
- DUSSIAS, P. E., VALDÉS KROFF, J. R., GUZZARDO TAMARGO, R. E. et GEFEN, C. (2013). When gender and looking go hand in hand. *Studies in Second Language Acquisition*, 35(2):353–387.
- EBERHARD, K. M., SPIVEY-KNOWLTON, M. J., SEDIVY, J. C. et TANENHAUS, M. K. (1995). Eye movements as a window into real-time spoken language comprehension in natural contexts. *Journal of Psycholinguistic Research*, 24(6):409–436.
- ECKSTEIN, K. et FRIEDERICI, A. D. (2005). Late interaction of syntactic and prosodic processes in sentence comprehension as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research*, 25(1):130–143.
- ELLIS, N. C. (2005a). Constructions, chunking and connectionism : The emergence of second language structure. In DOUGHTY, C. J. et LONG, M. H., éditeurs : *The handbook of second language acquisition*, pages 63–103. Blackwell, Oxford.
- ELLIS, N. C. (2015). Usage-based approaches to SLA. In VANPATTEN, B. et WILLIAMS, J., éditeurs : *Theories in second language acquisition : An introduction*, pages 75–93. Routledge, Londres.
- ELLIS, N. C. et LARSEN-FREEMAN, D. (2006). Language emergence : implications for applied linguistics – Introduction to the Special Issue. *Applied Linguistics*, 27(4):558–589.
- ELLIS, N. C. et SCHMIDT, R. W. (1997). Morphology and longer distance dependencies : Laboratory research illuminating the A in SLA. *Studies in Second Language Acquisition*, 19(2):145–171.
- ELLIS, R. (1993). The structural syllabus and second language acquisition. *TESOL Quarterly*, 27(1):91.

- ELLIS, R. (1994). A theory of instructed second language acquisition. In ELLIS, N. C., éditeur : *Implicit and explicit learning of languages*, pages 79–114. Academic Press, Londres.
- ELLIS, R. (2005b). Mesuring implicit and explicit knowledge of a second language : A psychometric study. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(2):141–172.
- ELLIS, R. (2009a). *Implicit and explicit knowledge in second language learning, testing and teaching*. Multilingual Matters, Bristol.
- ELLIS, R. (2009b). Investigating learning difficulty in terms of implicit and explicit knowledge. In ELLIS, R., LOEWEN, S., ELDER, C., REINDERS, H., ERLAM, R. et JENEFER, P., éditeurs : *Implicit and explicit knowledge in second language learning, testing and teaching*, pages 139–142. Multilingual Matters, Bristol.
- ELMAN, J. L. (1990). Finding structure in time. *Cognitive Science*, 14(2):179–211.
- ETTLINGER, M., MORGAN-SHORT, K., FARETTA-STUTENBERG, M. et WONG, P. C. (2016). The relationship between artificial and second language learning. *Cognitive Science*, 40(4):822–847.
- FABIANI, M., GRATTON, G. et FEDERMEIER, K. D. (2007). Event-related brain potentials : Methods, theory, and applications. In CACIOPPO, J., TASSINARY, L. G. et BERNTSON, G. G., éditeurs : *Handbook of psychophysiology*, pages 85–119. Cambridge University Press, Cambridge.
- FARETTA-STUTENBERG, M. et MORGAN-SHORT, K. (2011). Learning without awareness reconsidered : A replication of Williams (2005). In GRANENA, G., KOETH, J., LEE-ELLIS, S., LUKYANCHENKO, A., BOTANA, G. P. et RHOADES, E., éditeurs : *Selected Proceedings of the 2010 Second Language Research Forum*, pages 18–28. Somerville, MA. Cascadilla Proceedings Project.
- FEDERMEIER, K. D. (2007). Thinking ahead : The role and roots of prediction in language comprehension. *Psychophysiology*, 44(4):491–505.
- FEDERMEIER, K. D. et KUTAS, M. (1999). A rose by any other name : Long-term memory structure and sentence processing. *Journal of Memory and Language*, 41(4):469–495.
- FEDERMEIER, K. D., KUTAS, M. et SCHUL, R. (2010). Age-related and individual differences in the use of prediction during language comprehension. *Brain and Language*, 115(3):149–161.

- FEDERMEIER, K. D., MCLENNAN, D. B., OCHOA, E. et KUTAS, M. (2002). The impact of semantic memory organization and sentence context information on spoken language processing by younger and older adults : An ERP study. *Psychophysiology*, 39(2):133–146.
- FELSER, C., ROBERTS, L., MARINIS, T. et GROSS, R. (2003). The processing of ambiguous sentences by first and second language learners of English. *Applied Psycholinguistics*, 24(03):453–489.
- FERMAN, S., OLSHTAIN, E., SCHECHTMAN, E. et KARNI, A. (2009). The acquisition of a linguistic skill by adults : Procedural and declarative memory interact in the learning of an artificial morphological rule. *Journal of Neurolinguistics*, 22(4):384–412.
- FERRAGNE, E., FLAVIER, S. et FRESSARD, C. (2012). ROCme ! Recording of Oral Corpora Made Easy. Disponible à l'adresse <http://www.ddl.ish-lyon.cnrs.fr/Download/Index.asp?Langue=FR&Page=ROCme>.
- FERREIRA, F. et CLIFTON, C. (1986). The independence of syntactic processing. *Journal of Memory and Language*, 25(3):348–368.
- FLETT, S., BRANIGAN, H. P. et PICKERING, M. J. (2013). Are non-native structural preferences affected by native language preferences ? *Bilingualism*, 16(4):751–760.
- FOUCART, A. et FRENCK-MESTRE, C. (2010). Grammatical gender processing in L2 : Electrophysiological evidence of the effect of L1–L2 syntactic similarity. *Bilingualism : Language and Cognition*, 14(03):379–399.
- FOUCART, A. et FRENCK-MESTRE, C. (2012). Can late L2 learners acquire new grammatical features ? Evidence from ERPs and eye-tracking. *Journal of Memory and Language*, 66(1):226–248.
- FOUCART, A., MARTIN, C. D., MORENO, E. M. et COSTA, A. (2014). Can bilinguals see it coming ? Word anticipation in L2 sentence reading. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 40(5):1461–1469.
- FRANCIS, A. P., SCHMIDT, G. L., CARR, T. H. et CLEGG, B. A. (2009). Incidental learning of abstract rules for non-dominant word orders. *Psychological Research*, 73(1):60–74.
- FRANÇOIS, C., CHOBERT, J., BESSON, M. et SCHÖN, D. (2013). Music training for the development of speech segmentation. *Cerebral Cortex*, 23(9):2038–2043.
- FRAZIER, L., CARLSON, K. et CLIFTON, C. (2006). Prosodic phrasing is central to language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(6):244–249.

- FRAZIER, L. et CLIFTON, J. C. (1998). Sentence reanalysis, and visibility. In FODOR, J. et FERREIRA, F., éditeurs : *Reanalysis in Sentence Processing*, pages 143–176. Springer, Dordrecht.
- FRAZIER, L. et FODOR, J. D. (1978). The sausage machine : A new two-stage parsing model. *Cognition*, 6(4):291–325.
- FRAZIER, L. et RAYNER, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension : Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 14(2):178–210.
- FRENCK-MESTRE, C. (2002). An on-line look at sentence processing in the second language. *Advances in Psychology*, 134:217–236.
- FRENCK-MESTRE, C., OSTERHOUT, L., McLAUGHLIN, J. et FOUCART, A. (2008). The effect of phonological realization of inflectional morphology on verbal agreement in French : Evidence from ERPs. *Acta Psychologica*, 128(3):528–536.
- FRENCK-MESTRE, C. et PYNTE, J. (1997). Syntactic ambiguity resolution while reading in second and native languages. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 50(1):119–148.
- FRIEDERICI, A. (1995). The time course of syntactic activation during language processing : A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*, 50(3):259–281.
- FRIEDERICI, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2):78–84.
- FRIEDERICI, A. D. et MEYER, M. (2004). The brain knows the difference : two types of grammatical violations. *Brain Research*, 1000(1-2):72–77.
- FRIEDERICI, A. D., PFEIFER, E. et HAHNE, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing : effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1(3):183–192.
- FRIEDERICI, A. D. et WEISSENBORN, J. (2007). Mapping sentence form onto meaning : The syntax–semantic interface. *Brain Research*, 1146:50–58.
- FROST, R., ARMSTRONG, B. C., SIEGELMAN, N. et CHRISTIANSEN, M. H. (2015). Domain generality versus modality specificity : the paradox of statistical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(3):117–125.

- FUNG, K. T. D. et MURPHY, V. A. (2016). Cross linguistic influence in adult L2/L3 learners : The case of French on English morphosyntax. *GSTF Journal on Education*, 3(2):6–15.
- GAASS, S. M. (2003). Input and interaction. In DOUGHTY, C. J. et LONG, M. H., éditeurs : *The handbook of second language acquisition*, pages 224–255. Blackwell, Oxford.
- GERMAN, E. S., HERSCHENSOHN, J. et FRENCK-MESTRE, C. (2015). Pronoun processing in anglophone late L2 learners of French : Behavioral and ERP evidence. *Journal of Neurolinguistics*, 34:15–40.
- GILLON-DOWENS, M., GUO, T., GUO, J., BARBER, H. et CARREIRAS, M. (2011). Gender and number processing in Chinese learners of Spanish – Evidence from event-related potentials. *Neuropsychologia*, 49(7):1651–1659.
- GILLON-DOWENS, M., VERGARA, M., BARBER, H. A. et CARREIRAS, M. (2010). Morphosyntactic processing in late second-language learners. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(8):1870–1887.
- GLUSHKO, A., STEINHAUER, K., DEPRIEST, J. et KOELSCH, S. (2016). Neurophysiological correlates of musical and prosodic phrasing : Shared processing mechanisms and effects of musical expertise. *PLoS ONE*, 11(5):1–27.
- GOAD, H., WHITE, L. et BRUHN DE GARAVITO, J. (2011). Prosodic transfer at different levels of structure : The L2 acquisition of spanish plurals. In *BUCLD 35 : Proceedings of the 35th Annual Boston University Conference on Language Development*, Boston, MA. Cascadilla Press. Disponible à l'adresse <http://www.bu.edu/bucll/files/2011/05/35-Goad-White-Bruhn-de-Garavito.pdf>.
- GOAD, H., WHITE, L. et STEELE, J. (2003). Missing inflection in L2 acquisition : Defective syntax or L1-constrained prosodic representations ? *The Canadian Journal of Linguistics / La revue canadienne de linguistique*, 48(3):243–263.
- GODFROID, A. (2015). The effects of implicit instruction on implicit and explicit knowledge development. *Studies in Second Language Acquisition*, 38:177–215.
- GODFROID, A., LOEWEN, S., JUNG, S., PARK, J.-H., GAASS, S. et ELLIS, R. (2015). Timed and untimed grammaticality judgments measure distinct types of knowledge. *Studies in Second Language Acquisition*, 37(02):269–297.
- GODFROID, A. et WINKE, P. (2015). Investigating implicit and explicit processing using L2 learners' eye-movement data. In REBUSCHAT, P., éditeur : *Implicit and explicit learning of languages*, pages 323–348. John Benjamins, Amsterdam.

- GOLESTANI, N., MOLKO, N., DEHAENE, S., LEBIHAN, D. et PALLIER, C. (2006). Brain structure predicts the learning of foreign speech sounds. *Cerebral Cortex*, 17(3):575–582.
- GOR, K. (2010). Beyond the obvious : Do second language learners process inflectional morphology ? *Language Learning*, 60(1):1–20.
- GOR, K. et COOK, S. (2010). Nonnative processing of verbal morphology : In search of regularity. *Language Learning*, 60(1):88–126.
- GORDON, R. L., JACOBS, M. S., SCHUELE, C. M. et MCAULEY, J. D. (2015). Perspectives on the rhythm-grammar link and its implications for typical and atypical language development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1):16–25.
- GRANENA, G. et LONG, M. H. (2013). Age of onset, length of residence, language aptitude, and ultimate L2 attainment in three linguistic domains. *Second Language Research*, 29(3):311–343.
- GREENBAUM, S. et QUIRK, R. (1990). *A student's grammar of the English language*. Longman, Essex.
- GREY, S., WILLIAMS, J. N. et REBUSCHAT, P. (2014). Incidental exposure and L3 learning of morphosyntax. *Studies in Second Language Acquisition*, 36(4):611–645.
- GRIES, S. T. et WULFF, S. (2005). Do foreign language learners also have constructions ? *Annual Review of Cognitive Linguistics*, 3(1):182–200.
- GROSJEAN, F., GROSJEAN, L. et LANE, H. (1979). The patterns of silence : Performance structures in sentence production. *Cognitive Psychology*, 11(1):58–81.
- GRUTER, T., LEW-WILLIAMS, C. et FERNALD, A. (2012). Grammatical gender in L2 : A production or a real-time processing problem ? *Second Language Research*, 28(2):191–215.
- GUNTER, T. C., FRIEDERICI, A. D. et SCHRIEFERS, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy : ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4):556–568.
- GUNTER, T. C., STOWE, L. A. et MULDER, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, 34(6):660–676.
- GUO, J., GUO, T., YAN, Y., JIANG, N. et PENG, D. (2009). ERP evidence for different strategies employed by native speakers and L2 learners in sentence processing. *Journal of Neurolinguistics*, 22(2):123–134.

- HAGOORT, P. (2003). How the brain solves the binding problem for language : A neurocomputational model of syntactic processing. *NeuroImage*, 20(Suppl. 1): S18–S29.
- HAHNE, A. (2001). What's different in second-language processing ? Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(3):251–266.
- HAHNE, A. et FRIEDERICI, A. D. (1999). Electrophysiological evidence for two steps in syntactic analysis : Early automatic and late controlled processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(2):194–205.
- HAHNE, A., MUELLER, J. L. et CLAHSSEN, H. (2006). Morphological processing in a second language : Behavioral and event-related brain potential evidence for storage and decomposition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(1):121–134.
- HAKUTA, K., BIALYSTOK, E. et WILEY, E. (2003). Critical evidence. *Psychological Science*, 14(1):31–38.
- HAMA, M. et LEOW, R. P. (2010). Learning without awareness revisited. *Studies in Second Language Acquisition*, 32(03):465–491.
- HAMRICK, P. (2014). A role for chunk formation in statistical learning of second language syntax. *Language Learning*, 64(2):247–278.
- HAN, Z. et FINNERAN, R. (2014). Re-engaging the interface debate : strong, weak, none, or all ? *International Journal of Applied Linguistics*, 24(3):370–389.
- HARTIGAN, J. A. et HARTIGAN, P. M. (1985). The dip test of unimodality. *The Annals of Statistics*, 13(1):70–84.
- HARTIGAN, P. M. (1985). Algorithm AS 217 : Computation of the dip statistic to test for unimodality. *Applied Statistics*, 34(3):320.
- HARTSIKER, R. J. et BERNOLET, S. (2017). The development of shared syntax in second language learning. *Bilingualism*, 20(2):219–234.
- HASTING, A. S. et KOTZ, S. A. (2008). Speeding up syntax : on the relative timing and automaticity of local phrase structure and morphosyntactic processing as reflected in event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7):1207–1219.
- HAWKINS, R. et CHAN, Y.-H. (1997). The partial availability of Universal Grammar in second language acquisition : the ‘failed functional features hypothesis’. *Second Language Research*, 13(3):187–226.

- HERSCHENSOHN, J. (2013). Age-related effects. In HERSCHENSOHN, J. et YOUNG-SCHOLTEN, M., éditeurs : *The Cambridge handbook of second language acquisition*, pages 317–337. Cambridge University Press, Cambridge.
- HERSCHENSOHN, J. et YOUNG-SCHOLTEN, M., éditeurs (2013). *The Cambridge handbook of second language acquisition*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HICKOK, G. et POEPPEL, D. (2004). Dorsal and ventral streams : A framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*, 92(1-2):67–99.
- HILTON, H. (2006). Quelques aspects de la mémoire verbale en L2. *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité - Cahiers de l'APLIUT*, XXV(2): 44–60.
- HO, Y.-C., CHEUNG, M.-C. et CHAN, A. S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory : Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3):439–450.
- HÖHLE, B., BIJELJAC-BABIC, R., HEROLD, B., WEISSENBORN, J. et NAZZI, T. (2009). Language specific prosodic preferences during the first half year of life : Evidence from German and French infants. *Infant Behavior and Development*, 32(3):262–274.
- HOLZGREFE, J., WELLMANN, C., PETRONE, C., TRUCKENBRODT, H., HÖHLE, B. et WARTENBURGER, I. (2013). Brain response to prosodic boundary cues depends on boundary position. *Frontiers in Psychology*, 4:421.
- HOLZGREFE-LANG, J., WELLMANN, C., PETRONE, C., RÄLING, R., TRUCKENBRODT, H., HÖHLE, B. et WARTENBURGER, I. (2016). How pitch change and final lengthening cue boundary perception in German : converging evidence from ERPs and prosodic judgements. *Language, Cognition and Neuroscience*, 31(7):904–920.
- HONBOLYGO, F., TÖRÖK, Á., BÁNRÉTI, Z., HUNYADI, L. et CSÉPE, V. (2016). ERP correlates of prosody and syntax interaction in case of embedded sentences. *Journal of Neurolinguistics*, 37:22–33.
- HOPP, H. (2006). Syntactic features and reanalysis in near-native processing. *Second Language Research*, 22(3):369–397.
- HOPP, H. (2013). Grammatical gender in adult L2 acquisition : Relations between lexical and syntactic variability. *Second Language Research*, 29(1):33–56.
- HOPP, H. (2015). Semantics and morphosyntax in predictive L2 sentence processing. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 53(3):277–306.

- HOUSEN, A., PIERRARD, M. et VANDAELE, S. (2005). Structure complexity and the efficacy of explicit grammar instruction. In HOUSEN, A. et PIERRARD, M., éditeurs : *Investigations in instructed second language acquisition*, pages 235–270. Mouton de Gruyter, Berlin.
- HUDDLESTON, R. et PULLUM, G. K. (2002). *The Cambridge grammar of the English language*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HULSTIJN, J. (2002). Towards a unified account of the representation, processing and acquisition of second language knowledge. *Second Language Research*, 18(3):193–223.
- HULSTIJN, J. H. (2005). Theoretical and empirical issues in the study of implicit and explicit second language learning : Introduction. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(02):129–140.
- HULSTIJN, J. H. (2015). Explaining phenomena of first and second language acquisition with the constructs of implicit and explicit learning : The virtues and pitfalls of a two-system view. In REBUSCHAT, P., éditeur : *Implicit and explicit learning of languages*, pages 25–46. John Benjamins, Amsterdam.
- HULSTIJN, J. H. et de GRAFF, R. (1994). Under what conditions does explicit knowledge of a second language facilitate the acquisition of implicit knowledge ? : A research proposal. *AILA Review*, 11:97–112.
- HULSTIJN, J. H., ELLIS, R. et ESKILDSEN, S. W. (2015). Orders and sequences in the acquisition of L2 morphosyntax, 40 years on : An introduction to the special issue. *Language Learning*, 65(1):1–5.
- HWANG, H. et STEINHAUER, K. (2011). Phrase length matters : The interplay between implicit prosody and syntax in Korean “garden path” sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(11):3555–3575.
- INDEFREY, P. (2006). A meta-analysis of hemodynamic studies on first and second language processing : Which suggested differences can we trust and what do they mean ? *Language Learning*, 56(Suppl. 1):279–304.
- ISEL, F. (2017). Apport de l'électro-encéphalographie à l'étude des atypies du traitement du langage : apport de la psycholinguistique et des neurosciences cognitives. In BOGLIOTTI, C., ISEL, F. et LACHERET-DUJOUR, A., éditeurs : *Atypies langagières de l'enfance à l'âge adulte*, pages 149–192. De Boeck Supérieur, Paris.
- ISEL, F., ALTER, K. et FRIEDERICI, A. D. (2005). Influence of prosodic information on the processing of split particles : ERP evidence from spoken German. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(1):154–167.

- ISEL, F., HAHNE, A., MAESS, B. et FRIEDERICI, A. D. (2007). Neurodynamics of sentence interpretation : ERP evidence from French. *Biological Psychology*, 74(3):337–346.
- ITO, A., CORLEY, M., PICKERING, M. J., MARTIN, A. E. et NIEUWLAND, M. S. (2016). Predicting form and meaning : Evidence from brain potentials. *Journal of Memory and Language*, 86:157–171.
- ITO, A. et MARTIN, A. E. (2016). How robust are prediction effects in language comprehension ? Failure to replicate article-elicited N400 effects. *Language, Cognition and Neuroscience*, 32(8):954–965.
- JACOB, G. et FELSER, C. (2016). Reanalysis and semantic persistence in native and non-native garden-path recovery. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(5):907–925.
- JENTSCHKE, S. et KOELSCH, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage*, 47(2):735–744.
- JESSOP, L., SUZUKI, W. et TOMITA, Y. (2007). Elicited imitation in second language acquisition research. *Canadian Modern Language Review*, 64(1):215–238.
- JIANG, N. (2004). Morphological insensitivity in second language processing. *Applied Psycholinguistics*, 25(04):603–634.
- JIANG, N. (2007). Selective integration of linguistic knowledge in adult second language learning. *Language Learning*, 57(1):1–33.
- JONES, M. A. (1996). *Foundations of French syntax*. Cambridge University Press, Cambridge.
- JUFFS, A. et HARRINGTON, M. (1996). Garden path sentences and error data in second language sentence processing. *Language Learning*, 46(2):283–323.
- JUSCZYK, P. W. et KRUMHANSL, C. L. (1993). Pitch and rhythmic patterns affecting infants' sensitivity to musical phrase structure. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 19(3):627–640.
- KAAN, E. (2007). Event-related potentials and language processing : A brief overview. *Language and Linguistics Compass*, 1(6):571–591.
- KAAN, E. (2014). Predictive sentence processing in L2 and L1. *Linguistic Approaches to Bilingualism*, 4(2):257–282.

- KAAN, E., DALLAS, A. et FRANK, W. (2010). Syntactic predictions in second-language sentence processing. In ZWART, J.-W. et DE VRIES, M., éditeurs : *Structure preserved. Festschrift in the honor of Jan Koster*, pages 207–213. John Benjamins, Amsterdam.
- KAAN, E., HARRIS, A., GIBSON, E. et HOLCOMB, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15(2):159–201.
- KACHINSKE, I., OSTHUS, P., SOLOVYEVA, K. et LONG, M. H. (2015). Implicit learning of a L2 morphosyntactic rule, and its relevance for language teaching. In REBUSCHAT, P., éditeur : *Implicit and explicit learning of languages*, pages 387–417. John Benjamins, Amsterdam.
- KAMIDE, Y., SCHEEPERS, C. et ALTMANN, G. T. M. (2003). Integration of syntactic and semantic information in predictive processing : Cross-linguistic evidence from German and English. *Journal of Psycholinguistic Research*, 32(1):37–55.
- KEATING, G. D. (2009). Sensitivity to violations of gender agreement in native and nonnative Spanish : An eye-movement investigation. *Language Learning*, 59(3):503–535.
- KEATING, P., CHO, T., FOUGERON, C. et HSU, C.-S. (2003). Domain-initial articulatory strengthening in four languages. In *Papers in Laboratory Phonology VI : Phonetic Interpretation*, pages 145–163. Cambridge University Press, Cambridge.
- KEMPE, V., BROOKS, P. J. et KHARKHURIN, A. (2010). Cognitive predictors of generalization of Russian grammatical gender categories. *Language Learning*, 60(1):127–153.
- KERKHOFS, R., VONK, W., SCHRIEFERS, H. et CHWILLA, D. J. (2007). Discourse, syntax, and prosody : The brain reveals an immediate interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(9):1421–1434.
- KERKHOFS, R., VONK, W., SCHRIEFERS, H. et CHWILLA, D. J. (2008). Sentence processing in the visual and auditory modality : Do comma and prosodic break have parallel functions ? *Brain Research*, 1224:102–118.
- KHALIFA, J.-C. (2004). *Syntaxe de l'anglais : théories et pratiques de l'énoncé complexe*. Ophrys, Paris.
- KHAZAEI, H. et SHEIKH, R. (2015). Input processing theory. *Scientific Journal of Review*, 4(8):110–115.

- KILGOUR, A. R., JAKOBSON, L. S. et CUDDY, L. L. (2000). Music training and rate of presentation as mediators of text and song recall. *Memory & Cognition*, 28(5):700–710.
- KJELGAARD, M. M. et SPEER, S. R. (1999). Prosodic facilitation and interference in the resolution of temporary syntactic closure ambiguity. *Journal of Memory and Language*, 40(2):153–194.
- KLATT, D. H. (1975). Vowel lengthening is syntactically determined in a connected discourse. *Journal of Phonetics*, 3(3):129–140.
- KLEIN, K. O., MARTHA, P. M., BLIZZARD, R. M., HERBST, T. et ROGOL, A. D. (1996). A longitudinal assessment of hormonal and physical alterations during normal puberty in boys II. Estrogen levels as determined by an ultrasensitive bioassay. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 81(9):3203–3207.
- KLEIN, M. E. et ZATORRE, R. J. (2011). A role for the right superior temporal sulcus in categorical perception of musical chords. *Neuropsychologia*, 49(5):878–887.
- KLEIN, W. (1993). The acquisition of temporality. In *Adult language acquisition : Cross-linguistic perspectives : Vol. 2. The results*, pages 73–118. Cambridge University Press, Cambridge.
- KLEINER, M., BRAINARD, D., PELLI, D., INGLING, A. et MURRAY, R. (2007). What's new in Psychtoolbox-3. *Perception*, 36(14):1.
- KOELSCH, S. (2005). Interaction between syntax processing in language and in music : An ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10):1565–1577.
- KOELSCH, S., ROHRMEIER, M., TORRECUSO, R. et JENTSCHKE, S. (2013). Processing of hierarchical syntactic structure in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(38):15443–8.
- KOOPMAN, H. et SPORTICHE, D. (1991). The position of subjects. *Lingua*, 85:211–258.
- KOTZ, S. A. (2009). A critical review of ERP and fMRI evidence on L2 syntactic processing. *Brain and Language*, 109(2-3):68–74.
- KOTZ, S. A., HOLCOMB, P. J. et OSTERHOUT, L. (2008). ERPs reveal comparable syntactic sentence processing in native and non-native readers of English. *Acta Psychologica*, 128(3):514–527.
- KRALJIC, T. et BRENNAN, S. E. (2005). Prosodic disambiguation of syntactic structure : For the speaker or for the addressee ? *Cognitive Psychology*, 50(2):194–231.

- KRASHEN, S. (1981). *Second language acquisition and second language learning*. Pergamon Press, Oxford.
- KRASHEN, S. (1982). *Principles and practice in second language acquisition*. Pergamon Press, Oxford.
- KRUMHANSL, C. L. et JUSCZYK, P. W. (1990). Infants' perception of phrase structure in music. *Psychological Science*, 1(1):70–73.
- KUTAS, M., DELONG, K. A. et SMITH, N. J. (2011). A look around at what lies ahead : Prediction and predictability in language processing. In BAR, M., éditeur : *Predictions in the Brain : Using Our Past to Generate a Future*, pages 190–207. Oxford University Press, Oxford.
- KUTAS, M. et FEDERMEIER, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12):463–470.
- KUTAS, M. et FEDERMEIER, K. D. (2011). Thirty years and counting : Finding meaning in the N400 component of the event related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62:621.
- KUTAS, M. et HILLYARD, S. A. (1980). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11(2):99–116.
- KUTAS, M., McCARTHY, G. et DONCHIN, E. (1977). Augmenting mental chronometry : The P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197(4305):792–795.
- KUZNETSOVA, A., BROCKHOFF, P. B. et CHRISTENSEN, R. H. B. (2015). lmerTest : Tests in Linear Mixed Effects Models. Package R, Version 2.0-33.
- LAI, C. S., FISHER, S. E., HURST, J. A., LEVY, E. R., HODGSON, S., FOX, M., JEREMIAH, S., POVEY, S., JAMISON, D. C., GREEN, E. D., VARGHA-KHADEM, F. et MONACO, A. P. (2000). The SPCH1 region on human 7q31 : genomic characterization of the critical interval and localization of translocations associated with speech and language disorder. *American Journal of Human Genetics*, 67(2):357–68.
- LAKENS, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science : a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4:863.

- LANGUS, A., MARCHETTO, E., BION, R. A. H. et NESPOR, M. (2012). Can prosody be used to discover hierarchical structure in continuous speech? *Journal of Memory and Language*, 66(1):285–306.
- LARDIERE, D. (1998). Dissociating syntax from morphology in a divergent L2 end-state grammar. *Second Language Research*, 14(4):359–375.
- LARDIERE, D. (2003). Second language knowledge of [ $\pm$  Past] vs. [ $\pm$  Finite]. In LICERAS, J. M., ZOBL, H. et GOODLUCK, H., éditeurs : *Proceedings of the 6th Generative Approaches to Second Language Acquisition Conference (GASLA 2002)*, pages 176–189, Somerville, MA. Cascadilla Proceedings Project.
- LARREYA, P. et RIVIÈRE, C. (2005). *Grammaire explicative de l'anglais*. Campus Press, Paris, 3ème édition.
- LAU, E., STROUD, C., PLESCH, S. et PHILLIPS, C. (2006). The role of structural prediction in rapid syntactic analysis. *Brain and Language*, 98(1):74–88.
- LAURES, J. S. et BUNTON, K. (2003). Perceptual effects of a flattened fundamental frequency at the sentence level under different listening conditions. *Journal of Communication Disorders*, 36(6):449–464.
- LEE, E. K., LU, D. H. Y. et GARNSEY, S. M. (2013). L1 word order and sensitivity to verb bias in L2 processing. *Bilingualism*, 16(4):761–775.
- LEHISTE, I. (1973). Phonetic disambiguation of syntactic ambiguity. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 53(1):380.
- LEMHÖFER, K., SCHRIEFERS, H. et INDEFREY, P. (2014). Idiosyncratic grammars : syntactic processing in second language comprehension uses subjective feature representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(7):1428–1444.
- LENTH, R. (2016). lsmeans : Least-Squares Means. Package R, Version 2.25.
- LEOW, R. P. (1997). Attention, awareness, and foreign language behavior. *Language Learning*, 47(3):467–505.
- LEOW, R. P. (2000). A study of the role of awareness in foreign language behavior. *Studies in Second Language Acquisition*, 22(04):557–584.
- LEOW, R. P. et HAMA, M. (2013). Implicit learning in SLA and the issue of internal validity. *Studies in Second Language Acquisition*, 35(03):545–557.
- LEUNG, J. H. C. et WILLIAMS, J. N. (2011). The Implicit learning of mappings between forms and contextually derived meanings. *Studies in Second Language Acquisition*, 33(01):33–55.

- LEW-WILLIAMS, C. et FERNALD, A. (2010). Real-time processing of gender-marked articles by native and non-native Spanish speakers. *Journal of Memory and Language*, 63(4):447–464.
- LI, W. et YANG, Y. (2009). Perception of prosodic hierarchical boundaries in Mandarin Chinese sentences. *Neuroscience*, 158(4):1416–1425.
- LIBBEN, M. R. et TITONE, D. A. (2009). Bilingual lexical access in context : Evidence from eye movements during reading. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 35(2):381–390.
- LINCK, J. A. et CUNNINGS, I. (2015). The utility and application of mixed-effects models in second language research. *Language Learning*, 65(S1):185–207.
- LITTLEWOOD, W. T. (1984). *Foreign and second language learning*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LOEWEN, S. (2009). Grammaticality judgment tests and the measurement of implicit and explicit L2 knowledge. In ELLIS, R., éditeur : *Implicit and explicit knowledge in second language learning, testing and teaching*, pages 94–112. Multilingual Matters, Bristol.
- LONG, M. H. (2015). *Second language acquisition and task-based language teaching*. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ.
- LOPEZ-CALDERÓN, J. et LUCK, S. (2014). ERPLAB : an opensource toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:213.
- LUCK, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT Press, Cambridge, MA, 2ème édition.
- MACDONALD, M. C. (1994). Probabilistic constraints and syntactic ambiguity resolution. *Language and Cognitive Processes*, 9(2):157–201.
- MACWHINNEY, B. (2000). The CHILDES project : Tools for analyzing talk.
- MACWHINNEY, B. (2005a). A unified model of language acquisition. In KROLL, J. et de GROOT, A. M., éditeurs : *A Handbook of bilingualism : Psycholinguistic approaches*, pages 49–67. Oxford University Press, Oxford.
- MACWHINNEY, B. (2005b). Extending the competition model. *International Journal of Bilingualism*, 9(1):69–84.
- MACWHINNEY, B. (2012). The logic of the unified model. In GASS, S. et MACKEY, A., éditeurs : *The Routledge Handbook of Second Language Acquisition*, pages 211–227. Routledge, New York.

- MACWHINNEY, B. (2015). Multidimensional SLA. In CADIERNO, T. et ESKILDSEN, S. W., éditeurs : *Usage-based perspectives on second language learning*, pages 19–48. Mouton de Gruyter, Berlin.
- MADLENER, K. (2015). *Frequency effects in instructed second language acquisition*. Mouton de Gruyter, Berlin.
- MADLENER, K. (2016). Input optimization. Effects of type and token frequency manipulations in instructed second language learning. In BEHRENS, H. et PFÄNDER, S., éditeurs : *Frequency effects in language. What counts in language processing, acquisition and change*, pages 133–173. Mouton de Gruyter, Berlin.
- MAECHLER, M. (2015). Diptest. R package, Version 0.75-7.
- MAGNE, C., SCHÖN, D. et BESSON, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children : behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(2):199–211.
- MANCINI, S., MOLINARO, N., RIZZI, L. et CARREIRAS, M. (2011a). A person is not a number : Discourse involvement in subject-verb agreement computation. *Brain Research*, 1410:64–76.
- MANCINI, S., MOLINARO, N., RIZZI, L. et CARREIRAS, M. (2011b). When persons disagree : an ERP study of unagreement in Spanish. *Psychophysiology*, 48(10):1361–1371.
- MÄNNEL, C. et FRIEDERICI, A. D. (2009). Pauses and intonational phrasing : ERP studies in 5-month-old German infants and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(10):1988–2006.
- MARSLEN-WILSON, W. D., TYLER, L. K., WARREN, P., GRENIER, P. et LEE, C. (1992). Prosodic effects in minimal attachment. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45(1):73–87.
- MARTIN, C. D., THIERRY, G., KUIPERS, J. R., BOUTONNET, B., FOUCART, A. et COSTA, A. (2013). Bilinguals reading in their second language do not predict upcoming words as native readers do. *Journal of Memory and Language*, 69(4):574–588.
- MARTÍN-LOECHES, M., MUÑOZ, F., CASADO, P., MELCÓN, A. et FERNÁNDEZ-FRÍAS, C. (2005). Are the anterior negativities to grammatical violations indexing working memory ? *Psychophysiology*, 42(5):508–519.

- MARTINEZ-GARCIA, M. T. et WULFF, S. (2012). Not wrong, yet not quite right : Spanish ESL students' use of gerundial and infinitival complementation. *International Journal of Applied Linguistics*, 22(2):225–244.
- MCCARTHY, C. (2008). Morphological variability in the comprehension of agreement : an argument for representation over computation. *Second Language Research*, 24(4):459–486.
- MCDONALD, J. L. (2000). Grammaticality judgments in a second language : Influences of age of acquisition and native language. *Applied Psycholinguistics*, 21(3):395–423.
- MCDONALD, J. L. (2006). Beyond the critical period : Processing-based explanations for poor grammaticality judgment performance by late second language learners. *Journal of Memory and Language*, 55(3):381–401.
- MC LAUGHLIN, J., TANNER, D., PITKÄNEN, I., FRENCK-MESTRE, C., INOUE, K., VALENTINE, G. et OSTERHOUT, L. (2010). Brain potentials reveal discrete stages of L2 grammatical learning. *Language Learning*, 60:123–150.
- McMANUS, K. et MARSDEN, E. (2017). L1 explicit instruction can improve L2 online and offline performance. An exploratory study. *Studies in Second Language Acquisition*, 39(3):459–492.
- METZ-GÖCKEL, H. (2014). Implicit and explicit processing and their role in second language acquisition. Disponible à l'adresse [www.metz-goeckel.com/dat/S\\_L\\_Acquisition.pdf](http://www.metz-goeckel.com/dat/S_L_Acquisition.pdf).
- MEULMAN, N., STOWE, L. A., SPRENGER, S. A., BRESSER, M. et SCHMID, M. S. (2014). An ERP study on L2 syntax processing : When do learners fail ? *Frontiers in Psychology*, 5:1072.
- MICHELAS, A. et D'IMPERIO, M. (2015). Prosodic boundary strength guides syntactic parsing of French utterances. *Laboratory Phonology*, 6(1):119–146.
- MIETZ, A., TOPEEL, U., ISCHEBECK, A. et ALTER, K. (2008). Inadequate and infrequent are not alike : ERPs to deviant prosodic patterns in spoken sentence comprehension. *Brain and Language*, 104(2):156–169.
- MISHRA, R. K., SINGH, N., PANDEY, A. et HUETTIG, F. (2012). Spoken language-mediated anticipatory eye-movements are modulated by reading ability – Evidence from Indian low and high literates. *Journal of Eye Movement Research*, 5(1):1–10.
- MOLINARO, N., BARBER, H. A. et CARREIRAS, M. (2011). Grammatical agreement processing in reading : ERP findings and future directions. *Cortex*, 47(8):908–930.

- MOLINARO, N., VESPIGNANI, F. et JOB, R. (2008). A deeper reanalysis of a superficial feature : an ERP study on agreement violations. *Brain Research*, 1228:161–176.
- MORENO, S., BIALYSTOK, E., WODNIECKA, Z. et ALAIN, C. (2010). Conflict resolution in sentence processing by bilinguals. *Journal of Neurolinguistics*, 23(6):564–579.
- MORENO, S., MARQUES, C., SANTOS, A., SANTOS, M., CASTRO, S. L. et BESSON, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children : more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19(3):712–23.
- MORGAN, J. L., MEIER, R. P. et NEWPORT, E. L. (1987). Structural packaging in the input to language learning : contributions of prosodic and morphological marking of phrases to the acquisition of language. *Cognitive Psychology*, 19:498–550.
- MORGAN-SHORT, K. (2014). Electrophysiological approaches to understanding second language acquisition : A field reaching its potential. *Annual Review of Applied Linguistics*, 34:15–36.
- MORGAN-SHORT, K. et BOWDEN, H. W. (2006). Processing instruction and meaningful output-based instruction : Effects on second language development. *Studies in Second Language Acquisition*, 28:31–65.
- MORGAN-SHORT, K., DENG, Z., BRILL-SCHUETZ, K. A., FARETTA-STUTENBERG, M., WONG, P. C. M. et WONG, F. C. K. (2015a). A view of the neural representation of second language syntax through artificial language learning under implicit contexts of exposure. *Studies in Second Language Acquisition*, 37(02):383–419.
- MORGAN-SHORT, K., FARETTA-STUTENBERG, M. et BARTLETT-HSU, L. (2015b). Contributions of event-related potential research to issues in explicit and implicit second language acquisition. In REBUSCHAT, P., éditeur : *Implicit and explicit learning of languages*, pages 349–384. John Benjamins, Amsterdam.
- MORGAN-SHORT, K., FARETTA-STUTENBERG, M., BRILL-SCHUETZ, K. A., CARPENTER, H. et WONG, P. C. (2014). Declarative and procedural memory as individual differences in second language acquisition. *Bilingualism*, 17(1):56–72.
- MORGAN-SHORT, K., SANZ, C., STEINHAUER, K. et ULLMAN, M. T. (2010). Second language acquisition of gender agreement in explicit and implicit training conditions : An event-related potential study. *Language Learning*, 60(1):154–193.

- MORGAN-SHORT, K., STEINHAUER, K., SANZ, C. et ULLMAN, M. T. (2012). Explicit and implicit second language training differentially affect the achievement of native-like brain activation patterns. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(4):933–947.
- MUELLER, J. L. (2005). Electrophysiological correlates of second language processing. *Second Language Research*, 21(2):152–174.
- MUELLER, J. L., BAHLMANN, J. et FRIEDERICI, A. D. (2008). The role of pause cues in language learning : The emergence of event-related potentials related to sequence processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(5):892–905.
- MUELLER, J. L., HAHNE, A., FUJII, Y. et FRIEDERICI, A. D. (2005). Native and nonnative speakers' processing of a miniature version of Japanese as revealed by ERPs. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(8):1229–1244.
- MUELLER, J. L., HIROTANI, M. et FRIEDERICI, A. D. (2007). ERP evidence for different strategies in the processing of case markers in native speakers and non-native learners. *BMC Neuroscience*, 8(1):18.
- MUELLER, J. L., OBERECKER, R. et FRIEDERICI, A. D. (2009). Syntactic learning by mere exposure - An ERP study in adult learners. *BMC Neuroscience*, 10(1):89.
- MUSSO, M., WEILLER, C., HORN, A., GLAUCHE, V., UMAROVA, R., HENNIG, J., SCHNEIDER, A. et RIJNTJES, M. (2015). A single dual-stream framework for syntactic computations in music and language. *NeuroImage*, 117:267–283.
- NAKAMURA, C., ARAI, M. et MAZUKA, R. (2012). Immediate use of prosody and context in predicting a syntactic structure. *Cognition*, 125(2):317–323.
- NEUROBEHAVIORAL SYSTEMS (2012). Presentation, version 16.2.
- NEVILLE, H. J. (2009). Comment la pratique de la musique améliore-t-elle les aptitudes cognitives ? In DEHAENE, S. et PETIT, C., éditeurs : *Parole et musique*, Paris. Odile Jacob.
- NEWMAN, A. J., ULLMAN, M. T., PANCHEVA, R., WALIGURA, D. L. et NEVILLE, H. J. (2007). An ERP study of regular and irregular English past tense inflection. *NeuroImage*, 34(1):435–445.
- NICKELS, S., OPITZ, B. et STEINHAUER, K. (2013). ERPs show that classroom-instructed late second language learners rely on the same prosodic cues in syntactic parsing as native speakers. *Neuroscience Letters*, 557:107–111.

- NICKELS, S. et STEINHAUER, K. (2018). Prosody-syntax integration in a second language : Contrasting event-related potentials from German and Chinese learners of English using linear mixed effect models. *Second Language Research*, 34(1):9–37.
- NICOLADIS, E., SONG, J. et MARENTETTE, P. (2012). Do young bilinguals acquire past tense morphology like monolinguals, only later ? Evidence from French–English and Chinese–English bilinguals. *Applied Psycholinguistics*, 33(03): 457–479.
- NIEUWENHUIS, S., ASTON-JONES, G. et COHEN, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-neuroepinephrine system. *Psychological Bulletin*, 131(4):510–532.
- NORRIS, J. M. et ORTEGA, L. (2000). Effectiveness of L2 instruction : A research synthesis and quantitative meta-analysis. *Language Learning*, 50(3):417–528.
- NORRIS, J. M., PLONSKY, L., ROSS, S. J. et SCHOONEN, R. (2015). Guidelines for reporting quantitative methods and results in primary research. *Language Learning*, 65(2):470–476.
- O'BRIEN, E. K., ZHANG, X., NISHIMURA, C., TOMBLIN, J. B. et MURRAY, J. C. (2003). Association of specific language impairment (SLI) to the region of 7q31. *American Journal of Human Genetics*, 72(6):1536–43.
- OJIMA, S., NAKATA, H. et KAKIGI, R. (2005). An ERP study of second language learning after childhood : effects of proficiency. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(8):1212–1228.
- OLDFIELD, R. (1971). The assessment and analysis of handedness : The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1):97–113.
- OPITZ, B., FERDINAND, N. K. et MECKLINGER, A. (2011). Timing matters : The impact of immediate and delayed feedback on artificial language learning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5:8.
- OPITZ, B. et FRIEDERICI, A. D. (2003). Interactions of the hippocampal system and the prefrontal cortex in learning language-like rules. *Neuroimage*, 19(4):1730–1737.
- ORTEGA, L. (2009). *Understanding second language acquisition*. Hodder, Londres.
- OSTERHOUT, L. et HOLCOMB, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(6):785–806.

- OSTERHOUT, L. et HOLCOMB, P. J. (1993). Event-related potentials and syntactic anomaly : Evidence of anomaly detection during the perception of continuous speech. *Language and Cognitive Processes*, 8(4):413–437.
- OSTERHOUT, L., HOLCOMB, P. J. et SWINNEY, D. A. (1994). Brain potentials elicited by garden-path sentences : Evidence of the application of verb information during parsing. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 20(4):786–803.
- OSTERHOUT, L., MC LAUGHLIN, J., KIM, A., GREENWALD, R. et INOUE, K. (2004). Sentences in the brain : Event-related potentials as real-time reflections of sentence comprehension and language learning. In CARREIRAS, M. et CLIFTON, C. J., éditeurs : *The on-line study of sentence comprehension : Eyetracking, ERP, and beyond*, pages 271–308. Psychology Press, New York.
- OSTERHOUT, L., MC LAUGHLIN, J., PITKÄNEN, I., FRENCK-MESTRE, C. et MOLINARO, N. (2006). Novice learners, longitudinal designs, and event-related potentials : A means for exploring the neurocognition of second language processing. *Language Learning*, 56:199–230.
- OSTERHOUT, L. et MOBLEY, L. A. (1995). Event-related brain potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and Language*, 34(6):739–773.
- OTTEN, M. et VAN BERKUM, J. J. A. (2008). Discourse-based word anticipation during language processing : Prediction or priming ? *Discourse Processes*, 45(6):464–496.
- OUYANG, G., HERZMANN, G. et ZHOU, C. (2011a). Residue iteration decomposition (RIDE) : A new method to separate ERP components on the basis of latency variability in single trials. *Psychophysiology*, 48:1631–1647.
- OUYANG, G., SCHACHT, A., ZHOU, C. et SOMMER, W. (2013). Overcoming limitations of the ERP method with Residue Iteration Decomposition (RIDE) : A demonstration in go/no-go experiments. *Psychophysiology*, 50(3):253–265.
- OUYANG, G., SOMMER, W. et ZHOU, C. (2015). A toolbox for residue iteration decomposition (RIDE)—A method for the decomposition, reconstruction, and single trial analysis of event related potentials. *Journal of Neuroscience Methods*, 250:7–21.
- OUYANG, G., SOMMER, W. et ZHOU, C. (2016). Reconstructing ERP amplitude effects after compensating for trial-to-trial latency jitter : A solution based on a novel application of residue iteration decomposition. *International Journal of Psychophysiology*, 109:9–20.

- OUYANG, G., ZHOU, C. et SOMMER, W. (2011b). RIDE toolbox. Disponible à l'adresse [http://cns.hkbu.edu.hk/RIDE\\_files/Page308.htm](http://cns.hkbu.edu.hk/RIDE_files/Page308.htm).
- PACKARD, M. G. (1998). Posttraining estrogen and memory modulation. *Hormones and Behavior*, 34(2):126–139.
- PAKULAK, E. et NEVILLE, H. J. (2010). Proficiency differences in syntactic processing of monolingual native speakers indexed by event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12):2728–2744.
- PALLIER, C. (2009). Imagerie cérébrale et différences individuelles dans l'apprentissage des langues. In KAIL, M., FAYOL, M. et HICKMANN, M., éditeurs : *Apprentissage des langues*, pages 317–325. Éditions CNRS.
- PAN, H.-Y. et FELSER, C. (2011). Referential context effects in L2 ambiguity resolution : Evidence from self-paced reading. *Lingua*, 121(2):221–236.
- PAN, H.-Y., SCHIMKE, S. et FELSER, C. (2015). Referential context effects in non-native relative clause ambiguity resolution. *International Journal of Bilingualism*, 19(3):298–313.
- PANNEKAMP, A., TOEPEL, U., ALTER, K., HAHNE, A. et FRIEDERICI, A. D. (2005). Prosody-driven sentence processing : An event-related brain potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(3):407–421.
- PARADIS, J., RICE, M. L., CRAGO, M. et MARQUIS, J. (2008). The acquisition of tense in English : Distinguishing child second language from first language and specific language impairment. *Applied Psycholinguistics*, 29(04):689–722.
- PARADIS, M. (2004). *A neurolinguistic theory of bilingualism*. John Benjamins, Philadelphia, PA.
- PARADIS, M. (2009). *Declarative and procedural determinants of second languages*. John Benjamins, Philadelphia, PA.
- PATEL, A. D., GIBSON, E., RATNER, J., BESSON, M. et HOLCOMB, P. J. (1998a). Processing syntactic relations in language and music : An event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(6):717–733.
- PATEL, A. D. et MORGAN, E. (2017). Exploring cognitive relations between prediction in language and music. *Cognitive Science*, 41:303–320.
- PATEL, A. D., PERETZ, I., TRAMO, M. et LABREQUE, R. (1998b). Processing prosodic and musical Patterns : A neuropsychological investigation. *Brain and Language*, 61(1):123–144.

- PAUKER, E., ITZHAK, I., BAUM, S. R. et STEINHAUER, K. (2011). Effects of co-operating and conflicting prosody in spoken English garden path sentences : ERP evidence for the boundary deletion hypothesis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(10):2731–2751.
- PÉLISSIER, M., KRZONOWSKI, J. et FERRAGNE, E. (2017). Does better explicit knowledge of a morphosyntactic structure guarantee more native-like electrophysiological processing ? An ERP study with French learners of English. *SHS Web of Conferences*, 38:00002.
- PERALES, S., MAYO, M. d. P. G. et LICERAS, J. M. (2009). The acquisition of L3 English negation by bilingual (Spanish/Basque) learners in an institutional setting. *International Journal of Bilingualism*, 13(1):3–33.
- PÉREZ, A., GILLON-DOWENS, M., MOLINARO, N., ITURRIA-MEDINA, Y., BARRAZA, P., GARCÍA-PENTÓN, L. et CARREIRAS, M. (2015). Complex brain network properties in late L2 learners and native speakers. *Neuropsychologia*, 68:209–217.
- PERRUCHET, P. et PACTON, S. (2006). Implicit learning and statistical learning : one phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(5):233–238.
- PETER, V., MCARTHUR, G. et CRAIN, S. (2014). Using event-related potentials to measure phrase boundary perception in English. *BMC Neuroscience*, 15(1):129.
- PETRONE, C., TRUCKENBRODT, H., WELLMANN, C., HOLZGREFE-LANG, J., WARTENBURGER, I. et HÖHLE, B. (2017). Prosodic boundary cues in German : Evidence from the production and perception of bracketed lists. *Journal of Phonetics*, 61:71–92.
- PFENNINGER, S. E. (2014). Quadrilingual advantages : do-support in bilingual vs. multilingual learners. *International Journal of Multilingualism*, 11(2):143–163.
- PHILLIPS, S. M. et SHERWIN, B. B. (1992). Effects of estrogen on memory function in surgically menopausal women. *Psychoneuroendocrinology*, 17(5):485–495.
- PICKERING, M. J. et BRANIGAN, H. P. (1998). The representation of verbs : Evidence from syntactic priming in language production. *Journal of Memory and Language*, 39(4):633–651.
- PINKER, S. et ULLMAN, M. T. (2002). The past and future of the past tense. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(11):456–463.

- PLIATSIKAS, C., JOHNSTONE, T. et MARINIS, T. (2014a). fMRI evidence for the involvement of the procedural memory system in morphological processing of a second language. *PLoS ONE*, 9(5):e97298.
- PLIATSIKAS, C., JOHNSTONE, T. et MARINIS, T. (2014b). Grey matter volume in the cerebellum is related to the processing of grammatical rules in a second language : A structural voxel-based morphometry study. *Cerebellum*, 13(1):55–63.
- PLIATSIKAS, C. et MARINIS, T. (2012). Processing empty categories in a second language : When naturalistic exposure fills the (intermediate) gap. *Bilingualism : Language and Cognition*, 16(1):167–182.
- POLI, R., CINEL, C., CITI, L. et SEPULVEDA, F. (2010). Reaction-time binning : A simple method for increasing the resolving power of ERP averages. *Psychophysiology*, 47:467–485.
- POLICH, J. (2007). Updating P300 : an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 118(10):2128–2148.
- POLLOCK, J.-Y. (1989). Verb movement, universal grammar, and the structure of {IP}. *Linguistic Inquiry*, 20(3):365–424.
- POLLOCK, J.-Y. (1997). *Langage et cognition : introduction au programme minimliste de la grammaire générative*. Presses Universitaires de France, Paris.
- POTA, S., SPINELLI, E., BOULENGER, V., FERRAGNE, E., VARNET, L., HOEN, M. et MEUNIER, F. (2012). La mie de pain n'est pas une amie : une étude EEG sur la perception de différences infra-phonémiques en situation de variations. In *Proceedings of the Joint Conference JEP-TALN-RECITAL 2012*, pages 859–866, Grenoble, France.
- PRAT, C. S., YAMASAKI, B. L., KLUENDER, R. A. et STOCCO, A. (2016). Brain & language resting-state qEEG predicts rate of second language learning in adults. *Brain and Language*, 157-158:44–50.
- PRICE, P. J., OSTENDORF, M., SHATTUCK-HUFNAGEL, S. et FONG, C. (1991). The use of prosody in syntactic disambiguation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 90(6):2956–2970.
- PROVERBIO, A. M., ČOK, B. et ZANI, A. (2002). Electrophysiological measures of language processing in bilinguals. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(7):994–1017.

- QI, Z., BEACH, S. D., FINN, A. S., MINAS, J., GOETZ, C., CHAN, B. et GABRIELI, J. D. (2017). Native-language N400 and P600 predict dissociable language-learning abilities in adults. *Neuropsychologia*, 98:177–191.
- QUIRK, R., GREENBAUM, S., LEECH, G. et SVARTVIK, J. (1985). *A comprehensive grammar of the English language*. Longman, Londres.
- R CORE TEAM (2014). R : A Language and Environment for Statistical Computing.
- RAH, A. et ADONE, D. (2010). Processing of the reduced relative clause versus main verb ambiguity in L2 learners at different proficiency levels. *Studies in Second Language Acquisition*, 32(1):79–109.
- RAYNER, K., CARLSON, M. et FRAZIER, L. (1983). The interaction of syntax and semantics during sentence processing : eye movements in the analysis of semantically biased sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22(3):358–374.
- REBER, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology : General*, 118(3):219–235.
- REBER, A. S., WALKENFELD, F. et HERNSTADT, R. (1991). Implicit and explicit learning : Individual differences and IQ. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 17:888–896.
- REBUSCHAT, P. (2009). *Implicit learning of natural language syntax*. Thèse de doctorat, University of Cambridge.
- REBUSCHAT, P. (2013). Measuring implicit and explicit knowledge in second language research. *Language Learning*, 63(3):595–626.
- REBUSCHAT, P., HAMRICK, P., RIESTENBERG, K., SACHS, R. et ZIEGLER, N. (2015). Triangulating measures of awareness. *Studies in Second Language Acquisition*, 37(2):299–334.
- REBUSCHAT, P. et WILLIAMS, J. N. (2012). Implicit and explicit knowledge in second language acquisition. *Applied Psycholinguistics*, 33(04):857–859.
- REBUSCHAT, P. et WILLIAMS, J. N. (2013). Implicit learning in second language acquisition. In CHAPELLE, C. A., éditeur : *The encyclopedia of applied linguistics*. Blackwell, Oxford.
- RIEGEL, M. P. J.-C. et RIOUL, R. (2004). *Grammaire méthodique du français*. Presses Universitaires de France, Paris.

- RISPOLI, M., HADLEY, P. A. et HOLT, J. K. (2012). Sequence and system in the acquisition of tense and agreement. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 55(4):1007–1021.
- ROBERTS, L. (2012). Individual differences in second language sentence processing. *Language Learning*, 62(SUPPL. 2):172–188.
- ROBERTS, L. et FELSER, C. (2011). Plausibility and recovery from garden paths in second language sentence processing. *Applied Psycholinguistics*, 32(2):299–331.
- ROBERTS, L., GONZÁLEZ ALONSO, J., PLIATSIKAS, C., ROTHMAN, J., GONZALEZ ALONSO, J., PLIATSIKAS, C. et ROTHMAN, J. (2018). Evidence from neuro-linguistic methodologies : Can it actually inform linguistic/language acquisition theories and translate to evidence-based applications ? *Second Language Research*, 34(1):125–143.
- ROEHR-BRACKIN, K. (2015). Explicit knowledge about language in L2 learning : A usage-based perspective. In REBUSCHAT, P., éditeur : *Implicit and explicit learning of languages*, pages 117–138. John Benjamins, Amsterdam.
- ROGERS, J., RÉVÉSZ, A. et REBUSC (2016). Implicit and explicit knowledge of inflectional morphology. *Applied Psycholinguistics*, 37(4):781–812.
- ROLL, M. et HORNE, M. (2011). Interaction of right- and left-edge prosodic boundaries in syntactic parsing. *Brain Research*, 1402:93–100.
- RONCAGLIA-DENISSEN, M. P. et KOTZ, S. A. (2016). What does neuroimaging tell us about morphosyntactic processing in the brain of second language learners ? *Bilingualism : Language and Cognition*, 19:665–673.
- RONCAGLIA-DENISSEN, M. P., SCHMIDT-KASSOW, M. et KOTZ, S. A. (2013). Speech rhythm facilitates syntactic ambiguity resolution : ERP evidence. *PLoS ONE*, 8(2):e56000.
- ROSA, E. M. et LEOW, R. P. (2004). Awareness, different learning conditions, and second language development. *Applied Psycholinguistics*, 25(02):269–292.
- ROSEN, S. (1992). Temporal information in speech : acoustic, auditory and linguistic aspects. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 336(1278):367–73.
- ROSSI, S., GUGLER, M. F., FRIEDERICI, A. D. et HAHNE, A. (2006). The impact of proficiency on syntactic second-language processing of German and Italian : Evidence from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(12): 2030–2048.

- ROTHMAN, J. et SLABAKOVA, R. (2017). The state of the science in generative SLA and its place in modern second language studies. *Studies in Second Language Acquisition*, sous presse.
- RUIZ-HERNÁNDEZ, S., TAGARELLI, K., MORENO VEGA, J. L. et REBUSCHAT, P. (2016). Variability in second language learning : The roles of individual differences, learning conditions, and linguistic complexity. *Studies in Second Language Acquisition*, 38:293–316.
- RUMELHART, D. E. et MCCLELLAND, J. L. (1986). On learning the past tenses of English verbs. In MCCLELLAND, J. L., RUMELHART, D. E. et GROUP, P. R., éditeurs : *Parallel distributed processing : Explorations in the microstructures of cognition* (Vol. 2), pages 216–271. MIT Press, Cambridge, MA.
- SABOURIN, L. et STOWE, L. (2004). Memory effects in syntactic ERP tasks. *Brain and Cognition*, 55(2):392–395.
- SABOURIN, L. et STOWE, L. A. (2008). Second language processing : when are first and second languages processed similarly ? *Second Language Research*, 24(3):397–430.
- SABOURIN, L., STOWE, L. A. et de HAAN, G. J. (2006). Transfer effects in learning a second language grammatical gender system. *Second Language Research*, 22(1):1–29.
- SAGARRA, N. et CASILLAS, J. V. (2018). Suprasegmental information cues morphological anticipation during L1/L2 lexical access. *Journal of Second Language Studies*, 1(1):31–59.
- SAGARRA, N. et HERSCHENSOHN, J. (2010). The role of proficiency and working memory in gender and number agreement processing in L1 and L2 Spanish. *Lingua*, 120(8):2022–2039.
- SANZ, C. et GREY, S. (2015). Effects of conditions on L2 development : moving beyond accuracy. In REBUSCHAT, P., éditeur : *Explicit and implicit learning of languages*. John Benjamins, Amsterdam.
- SANZ, C. et MORGAN-SHORT, K. (2004). Positive evidence versus explicit rule presentation and explicit negative feedback : A computer-assisted study. *Language Learning*, 54(1):35–78.
- SASSENHAGEN, J. et BORNKESSEL-SCHLESEWSKY, I. (2015). The P600 as a correlate of ventral attention network reorientation. *Cortex*, 66:A3–A20.

- SASSENHAGEN, J., SCHLESEWSKY, M. et BORNKESSEL-SCHLESEWSKY, I. (2014). The P600-as-P3 hypothesis revisited : Single-trial analyses reveal that the late EEG positivity following linguistically deviant material is reaction time aligned. *Brain and Language*, 137:29–39.
- SATO, M. et FELSER, C. (2008). Sensitivity to Morphosyntactic Violations in English as a Second Language. Mémoire de master, University of Essex.
- SCHAFER, A., CARLSON, K., CLIFTON, H. et FRAZIER, L. (2000). Focus and the interpretation of pitch accent : Disambiguating embedded questions. *Language and Speech*, 43(1):75–105.
- SCHAFER, A. J., SPEER, S. R. et WARREN, P. (2005). Prosodic influences on the production and comprehension of syntactic ambiguity in a game-based conversation task. In TRUESWELL, J., TANENHAUS, M. K. et ROSENSCHEIN, J. S., éditeurs : *Approaches to studying world situated language use : Psycholinguistic, linguistic and computational perspectives on bridging the product and action tradition*, pages 209–225. MIT Press, Cambridge, MA.
- SCHELLENBERG, E. G. et WEISS, M. W. (2013). *Music and cognitive abilities*. Elsevier Academic Press, San Diego, CA.
- SCHMIDT, R. W. (1990). The role of consciousness in second language learning. *Applied Linguistics*, 11(2):129–158.
- SCHMIDT, R. W. (1993). Awareness and second language acquisition. *Annual Review of Applied Linguistics*, 13:206–226.
- SCHMIDT, R. W. (1995a). *Attention and awareness in foreign language learning*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHMIDT, R. W. (1995b). Consciousness and foreign language learning : A tutorial on the role of attention and awareness in learning. In SCHMIDT, R. W., éditeur : *Attention and awareness in foreign language learning*, pages 1–63. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHMIDT, R. W. (2001). Attention. In ROBINSON, P., éditeur : *Cognition and second language instruction*, pages 3–32. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHMIDT, R. W. (2010). Attention, awareness, and individual differences in language Learning. In CHAN, W. M., CHI, S., CIN, K. N., ISTANTO, J., NAGAMI, M., SEW, J. W., SUTHIWAN, T. et WALKER, I., éditeurs : *Proceedings of CLASIC 2010*, pages 721–737, Singapore. National University of Singapore.

- SCHMIDT-KASSOW, M. et KOTZ, S. A. (2008). Event-related brain potentials suggest a late interaction of meter and syntax in the P600. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(9):1693–1708.
- SCHMIDT-KASSOW, M., ROTHERMICHL, K., SCHWARTZE, M. et KOTZ, S. A. (2011). Did you get the beat? Late proficient French-German learners extract strong-weak patterns in tonal but not in linguistic sequences. *NeuroImage*, 54(1):568–576.
- SCHÖN, D., MAGNE, C. et BESSON, M. (2004). The music of speech : Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, 41(3):341–349.
- SCHWARTZ, A. I. et KROLL, J. F. (2006). Bilingual lexical activation in sentence context. *Journal of Memory and Language*, 55(2):197–212.
- SCHWARTZ, B. D. et SPROUSE, R. A. (1996). L2 cognitive states and the Full Transfer / Full Access model. *Second Language Research*, 12:40–72.
- SEGALOWITZ, N. S. et SEGALOWITZ, S. J. (1993). Skilled performance, practice, and the differentiation of speed-up from automatization effects : Evidence from second language word recognition. *Applied Psycholinguistics*, 14(3):369–385.
- SEIDENBERG, M. S. et ELMAN, J. L. (1999). Networks are not ‘hidden rules’. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(8):288–289.
- SELKIRK, E. et LEE, S. J. (2015). Constituency in sentence phonology : An introduction. *Phonology*, 32(1):1–18.
- SELKIRK, E. O. (1980). The role of prosodic categories in English word stress. *Linguistic Inquiry*, 11(3):563–605.
- SELKIRK, E. O. (1996). The prosodic structure of function words. In MORGAN, J. et DEMUTH, K., éditeurs : *From signal to syntax : bootstrapping from speech to grammar in early acquisition*, pages 187–213. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ.
- SELKIRK, E. O. (2000). The interaction of constraints on prosodic phrasing. In HORNE, M., éditeur : *Prosody : Theory and experiment. Studies presented to Gösta Bruce*, pages 233–261. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- SELKIRK, E. O. (2005). Comments on intonational phrasing in English. In FROTA, S., VIGÁRIO, M. et FREITAS, M., éditeurs : *Prosodies : With special reference to Iberian languages*, pages 11–58. Mouton de Gruyter, Berlin.

- SELKIRK, E. O. (2009). The syntax-phonology interface. In GOLDSMITH, J., RIGGLE, J. et YU, A., éditeurs : *The handbook of phonological theory*. Blackwell, Oxford.
- SHARPE, V., den OUDEN, D.-B. et FOGERTY, D. (2014). The role of acoustics in processing syntactically ambiguous sentences. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4):2424–2424.
- SHARWOOD SMITH, M. (1981). Consciousness-raising and the second language learner. *Applied Linguistics*, 2(2):159–68.
- SHEN, W., FIORI-DUHARCOURT, N. et ISEL, F. (2016). Functional significance of the semantic P600. *NeuroReport*, 27(7):548–558.
- SILVA, S., BARBOSA, F., MARQUES-TEIXEIRA, J., PETERSSON, K. M. et CASTRO, S. L. (2014). You know when : Event-related potentials and theta/beta power indicate boundary prediction in music. *Journal of Integrative Neuroscience*, 13(1): 19–34.
- SILVA, S., FOLIA, V., HAGOORT, P. et PETERSSON, K. M. (2017). An EEG study of preference classification in implicit artificial syntax learning. *Cognitive Science*, 41(1):137–157.
- SINCLAIR, J. (1991). *Corpus, concordance, collocation*. Oxford University Press, Oxford.
- SLABAKOVA, R. (2015). Is there a firewall between declarative knowledge and procedural knowledge of the functional morphology : A response to Paradis. *Foreign Language Teaching and Research*, 47:1–5.
- SLEVE, R. et MIYAKE, A. (2006). Individual differences in second-language proficiency : Does musical ability matter ? *Psychological Science*, 17(8):675–681.
- SNEDEKER, J. et TRUESWELL, J. (2003). Using prosody to avoid ambiguity : Effects of speaker awareness and referential context. *Journal of Memory and Language*, 48(1):103–130.
- SOLT, S., PUGACH, Y., KLEIN, E. C., ADAMS, K., STOYNESHKA, I. et ROSE, T. (2004). L2 perception and production of the English regular past : Evidence of phonological effects. In *BUCLD 28 : Proceedings of the 28th annual Boston University Conference on Language Development*, pages 553–564, Boston, MA. Cascadilla Press.
- SPADA, N. et TOMITA, Y. (2010). Interactions between type of instruction and type of language feature : A meta-analysis. *Language Learning*, 60(2):263–308.

- SPEER, S. R., KJELGAARD, M. M. et DOBROTH, K. M. (1996). The influence of prosodic structure on the resolution of temporary syntactic closure ambiguities. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25(2):249–271.
- SPIVEY, M. J. et MARIAN, V. (1999). Cross talk between native and second languages : Partial activation of an irrelevant lexicon. *Psychological Science*, 10(3):281–284.
- SPORTICHE, D., KOOPMAN, H. J. et STABLER, E. P. (2013). *An introduction to syntactic analysis and theory*. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ.
- STEINHAUER, K. (2003). Electrophysiological correlates of prosody and punctuation. *Brain and Language*, 86:142–164.
- STEINHAUER, K. (2013). The DOs and DON'Ts in psycholinguistic ERP research. *Clinical Neurophysiology*, 43(1):69.
- STEINHAUER, K. (2014). Event-related potentials (ERPs) in second language research : A brief introduction to the technique, a selected review, and an invitation to reconsider critical periods in L2. *Applied Linguistics*, 35(4):393–417.
- STEINHAUER, K., ALTER, K. et FRIEDERICI, A. D. (1999). Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature Neuroscience*, 2(2):191–196.
- STEINHAUER, K. et DRURY, J. E. (2012). On the early left-anterior negativity (ELAN) in syntax studies. *Brain and Language*, 120(2):135–162.
- STEINHAUER, K. et FRIEDERICI, A. D. (2001). Prosodic boundaries, comma rules, and brain responses : The Closure Positive Shift in ERPs as a universal marker for prosodic phrasing in listeners and readers. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(3):267–295.
- STEINHAUER, K., WHITE, E. J. et DRURY, J. E. (2009). Temporal dynamics of late second language acquisition : evidence from event-related brain potentials. *Second Language Research*, 25(1):13–41.
- SUZUKI, Y. (2017a). The role of procedural learning ability in automatization of L2 morphology under different learning schedules : An exploratory study. *Studies in Second Language Acquisition*, sous presse.
- SUZUKI, Y. (2017b). Validity of new measures of implicit knowledge : Distinguishing implicit knowledge from automatized explicit knowledge. *Applied Psycholinguistics*, 38(5):1229–1261.

- SUZUKI, Y. et DEKEYSER, R. (2015). Comparing elicited imitation and word monitoring as measures of implicit knowledge. *Language Learning*, 65(4):860–895.
- SUZUKI, Y. et DEKEYSER, R. (2017). The interface of explicit and implicit knowledge in a second language : Insights from individual differences in cognitive aptitudes. *Language Learning*, 67(4):747–790.
- SWAMINATHAN, J., MASON, C. R., STREETER, T. M., BEST, V., KIDD, G. et PATEL, A. D. (2015). Musical training, individual differences and the cocktail party problem. *Scientific Reports*, 5(1):11628.
- TAGARELLI, K. M., BORGES MOTA, M. et REBUSCHAT, P. (2015). Working memory, learning conditions, and the acquisition of L2 syntax. In ZHISHENG, W., BORGES MOTA, M. et MCNEILL, A., éditeurs : *Working memory in second language acquisition and processing : theory, research and commentary*. Multilingual Matters, Bristol.
- TANNER, D., INOUE, K. et OSTERHOUT, L. (2014). Brain-based individual differences in online L2 grammatical comprehension. *Bilingualism : Language and Cognition*, 17(02):277–293.
- TANNER, D., MCLAUGHLIN, J., HERSCHENSOHN, J. et OSTERHOUT, L. (2013). Individual differences reveal stages of L2 grammatical acquisition : ERP evidence. *Bilingualism : Language and Cognition*, 16(Special Issue 02):367–382.
- TANNER, D., OSTERHOUT, L. et HERSCHENSOHN, J. (2009). Snapshots of grammaticalization : Differential electrophysiological responses to grammatical anomalies with increasing L2 exposure. In *BUCLD 33 : Proceedings of the 33rd Boston University Conference on Language Development*, pages 528–539, Boston, MA. Cascadilla Press.
- TANNER, D. et van HELL, J. G. (2014). ERPs reveal individual differences in morphosyntactic processing. *Neuropsychologia*, 56(1):289–301.
- TANNER, J., WILSON, P. et SWETS, J. A. (1954). A decision-making theory of visual detection. *Psychological Review*, 61(6):401–409.
- TARABAN, R. (2004). Drawing learners' attention to syntactic context aids gender-like category induction. *Journal of Memory and Language*, 51:202–216.
- TARABAN, R. et MCCLELLAND, J. L. (1988). Constituent attachment and thematic role assignment in sentence processing : Influences of content-based expectations. *Journal of Memory and Language*, 27(6):597–632.

- THE MATHWORKS (2008). MATLAB and statistics toolbox.
- THOMPSON, W. F., SCHELLENBERG, E. G. et HUSAIN, G. (2004). Decoding speech prosody : Do music lessons help ? *Emotion*, 4(1):46–64.
- TODEVA, E. (2010). Multilingualism as a kaleidoscopic experience : The mini universes within. In TODEVA, E. et CENOZ, J., éditeurs : *The multiple realities of multilingualism*. Mouton de Gruyter, Berlin.
- TOKOWICZ, N. et MACWHINNEY, B. (2005). Implicit and explicit measures of sensitivity to violations in second language grammar : An event-related potential investigation. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(02):173–204.
- TOMLIN, R. S. et VILLA, V. (1994). Attention in cognitive science and second language acquisition. *Studies in Second Language Acquisition*, 16(02):183.
- TOTH, P. D. (2000). The interaction of instruction and learner-internal factors in the acquisition of L2 morphosyntax. *Studies in second language acquisition*, 22(2):169–208.
- TRAHEY, M. et WHITE, L. (1993). Positive evidence and preemption in the second language classroom. *Studies in Second Language Acquisition*, 15(02):181.
- TRANG, N. V., CHOISY, M., NAKAGOMI, T., CHINH, N. T., DOAN, Y. H., YAMASHIRO, T., BRYANT, J. E., NAKAGOMI, O. et ANH, D. D. (2015). Determination of cut-off cycle threshold values in routine RT-PCR assays to assist differential diagnosis of norovirus in children hospitalized for acute gastroenteritis. *Epidemiology and Infection*, 143(15):3292–3299.
- TSIMPLI, L. et DIMITRAKOPOLOU, M. (2007). The interpretability hypothesis : evidence from wh-interrogatives in second language acquisition. *Second Language Research*, 23:215–242.
- TYLER, L. K., DEMORNAY-DAVIES, P., ANOKHINA, R., LONGWORTH, C., RANDALL, B. et MARSLEN-WILSON, W. D. (2002). Dissociations in processing past tense morphology : Neuropathology and behavioral studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(1):79–94.
- ULLMAN, M. T. (2001a). A neurocognitive perspective on language : The declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(10):717–726.
- ULLMAN, M. T. (2001b). The neural basis of lexicon and grammar in first and second language : The declarative/procedural model. *Bilingualism : Language and Cognition*, 4(02):105–122.

- ULLMAN, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language : The declarative/procedural model. *Cognition*, 92(1):231–270.
- ULLMAN, M. T. (2005). A cognitive neuroscience perspective on second language acquisition. In SANZ, C., éditeur : *Mind and context in second language acquisition*, pages 141–178. Georgetown University Press, Washington, DC.
- ULLMAN, M. T. (2006). The Declarative/Procedural model and the Shallow Structure Hypothesis. *Applied Psycholinguistics*, 27(01):97–105.
- ULLMAN, M. T. (2015). The Declarative/Procedural model : A neurobiologically motivated theory of first and second language acquisition. In VANPATTEN, B. et WILLIAMS, J., éditeurs : *Theories in second language acquisition : An introduction*, pages 135–158. Routledge, New York, 2ème édition.
- ULLMAN, M. T., CORKIN, S., COPPOLA, M., HICKOK, G., GROWDON, J. H., KOROSHETZ, W. J. et PINKER, S. (1997). A neural dissociation within language : Evidence that the mental dictionary is part of declarative memory, and that grammatical rules are processed by the procedural system. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(2):266–76.
- VAFAEE, P., SUZUKI, Y. et KACHISNKE, I. (2017). Validating grammaticality judgment tests : Evidence from two new psycholinguistic measures. *Studies in Second Language Acquisition*, 39:59–95.
- VAN ASSCHE, E., DRIEGHE, D., DUYCK, W., WELVAERT, M. et HARTSUIKER, R. J. (2011). The influence of semantic constraints on bilingual word recognition during sentence reading. *Journal of Memory and Language*, 64(1):88–107.
- VAN BERKUM, J. J., BROWN, C. M., ZWITSERLOOD, P., KOOIJMAN, V. et HAGOORT, P. (2005). Anticipating upcoming words in discourse : Evidence from ERPs and reading times. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 31(3):443–467.
- van de MEERENDONK, N., KOLK, H. H., CHWILLA, D. J. et VISSERS, C. T. (2009). Monitoring in language perception. *Language and Linguistics Compass*, 3(5): 1211–1224.
- van HELL, J. G. et de GROOT, A. M. (2008). Sentence context modulates visual word recognition and translation in bilinguals. *Acta Psychologica*, 128(3):431–451.
- van HELL, J. G. et DIJKSTRA, T. (2002). Foreign language knowledge can influence native language performance in exclusively native contexts. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(4):780–789.

- van HELL, J. G. et TOKOWICZ, N. (2010). Event-related brain potentials and second language learning : syntactic processing in late L2 learners at different L2 proficiency levels. *Second Language Research*, 26(1):43–74.
- VAN PETTEN, C., COULSON, S., RUBIN, S., PLANTE, E. et PARKS, M. (1999). Time course of word identification and semantic integration in spoken language. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 25(2):394–417.
- VAN PETTEN, C. et LUKA, B. J. (2012). Prediction during language comprehension : Benefits, costs, and ERP components. *International Journal of Psychophysiology*, 83(2):176–190.
- VANPATTEN, B. (1990). Attending to content and form in the input : An experiment in consciousness. *Studies in Second Language Acquisition*, 12:287–301.
- VANPATTEN, B. (1996). *Input processing and grammar instruction in second language acquisition*. Ablex, Norwood, NJ.
- VANPATTEN, B. (2002). Processing Instruction : An update. *Language Learning*, 52(4):755–803.
- VANPATTEN, B. (2004). *Processing Instruction : Theory, research, and commentary*. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ.
- VANPATTEN, B. et CADIERNO, T. (1993). Input processing and second language acquisition : A role for instruction. *Modern Language Journal*, 77:45–57.
- VANPATTEN, B. et WILLIAMS, J. (2015). *Theories in second language acquisition : An introduction*. Routledge, New York, 2ème édition.
- VOGEL, E. K. et LUCK, S. J. (2002). Delayed working memory consolidation during the attentional blink. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(4):739–743.
- VOGEL, E. K., LUCK, S. J. et SHAPIRO, K. L. (1998). Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 24(6):1656.
- VOKEY, J. R. et HIGHAM, P. A. (2005). Abstract analogies and positive transfer in artificial grammar learning. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 59(1):54–61.
- WAGNER, M. et WATSON, D. G. (2010). Experimental and theoretical advances in prosody : A review. *Language and Cognitive Processes*, 25(7-9):905–945.

- WALKER, J. P., FONGEMIE, K. et DAIGLE, T. (2001). Prosodic facilitation in the resolution of syntactic ambiguities in subjects with left and right hemisphere damage. *Brain and Language*, 78(2):169–196.
- WARNER, A. R. (1993). *English auxiliaries : Structure and history*. Cambridge University Press, Cambridge.
- WATSON, D. et GIBSON, E. (2004). The relationship between intonational phrasing and syntactic structure in language production. *Language and Cognitive Processes*, 19(6):713–755.
- WEBER, A. et CUTLER, A. (2004). Lexical competition in non-native spoken-word recognition. *Journal of Memory and Language*, 50(1):1–25.
- WEBER, K. et LAVRIC, A. (2008). Syntactic anomaly elicits a lexico-semantic (N400) ERP effect in the second language but not the first. *Psychophysiology*, 45(6):920–925.
- WEBER-FOX, C. et NEVILLE, H. (1996). Maturational constraints on functional specializations for language processing : ERP and behavioral evidence in bilingual speakers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8:231–256.
- WERKER, J. F., YEUNG, H. H. et YOSHIDA, K. A. (2012). How do infants become experts at native-speech perception ? *Current Directions in Psychological Science*, 21(4):221–226.
- WHITE, E. J., GENESEE, F. et STEINHAUER, K. (2012). Brain responses before and after intensive second language learning : proficiency based changes and first language background effects in adult learners. *PloS One*, 7(12):e52318.
- WHITE, L. (1991). Adverb placement in second language acquisition : some effects of positive and negative evidence in the classroom. *Second Language Research*, 7(2):133–161.
- WHITE, L. (1992). On triggering data in L2 acquisition : a reply to Schwartz and Gubala-Ryzak. *Second Language Research*, 8(2):120–137.
- WHITE, L. (2015). Linguistic theory, universal grammar, and second language acquisition. In VANPATTEN, B. et WILLIAMS, J., éditeurs : *Theories in second language acquisition : An introduction*, pages 34–53. Routledge, New York, 2ème édition.
- WICHA, N. Y., MORENO, E. M. et KUTAS, M. (2003). Expecting gender : An event related brain potential study on the role of grammatical gender in comprehending a line drawing within a written sentence in Spanish. *Cortex*, 39(3):483–508.

- WICHA, N. Y. Y., MORENO, E. M. et KUTAS, M. (2004). Anticipating words and their gender : An event-related brain potential study of semantic integration, gender expectancy, and gender agreement in Spanish sentence reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7):1272–1288.
- WILLIAMS, J. N. (2005). Learning without awareness. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(02):269–304.
- WILLIAMS, J. N. (2006). Incremental interpretation in second language sentence processing. *Bilingualism*, 9(1):71–88.
- WITZEL, J., WITZEL, N. et NICOL, J. (2012). Deeper than shallow : Evidence for structure-based parsing biases in second-language sentence processing. *Applied Psycholinguistics*, 33(2):419–456.
- WOLFF, S., SCHLESEWSKY, M., HIROTANI, M. et BORNKESSEL-SCHLESEWSKY, I. (2008). The neural mechanisms of word order processing revisited : Electrophysiological evidence from Japanese. *Brain and Language*, 107(2):133–157.
- WOLFRAM, W. (1985). Variability in tense marking : A case for the obvious. *Language Learning*, 35(2):229–253.
- XUE, J., YANG, J., ZHANG, J., QI, Z., BAI, C. et QIU, Y. (2013). An ERP study on Chinese natives' second language syntactic grammaticalization. *Neuroscience Letters*, 534:258–263.
- ZAWISZEWSKI, A., GUTIÉRREZ, E., FERNÁNDEZ, B. et LAKA, I. (2011). Language distance and non-native syntactic processing : Evidence from event-related potentials. *Bilingualism : Language and Cognition*, 14(03):400–411.
- ZHANG, R. (2015). Examining the role of implicit and explicit L2 knowledge in general L2 proficiency. *International Journal of English Linguistics*, 5(3):79–87.
- ZIMMER, M. C., SILVEIRA, R. et ALVES, U. K. (2009). *Pronunciation Instruction for Brazilians : Bringing Theory and Practice Together*. Cambridge Scholar Publishing, Newcastle Upon Tyne.
- ZIOGA, I., DI BERNARDI LUFT, C. et BHATTACHARYA, J. (2016). Musical training shapes neural responses to melodic and prosodic expectation. *Brain Research*, 1650:267–282.
- ZYZIK, E. (2009). The role of input revisited : Nativist versus usage-based models. *L2 Journal*, 1(1):42–61.

## Annexe A

Anatomie cérébrale : illustration de quelques aires majeures impliquées dans le traitement du langage

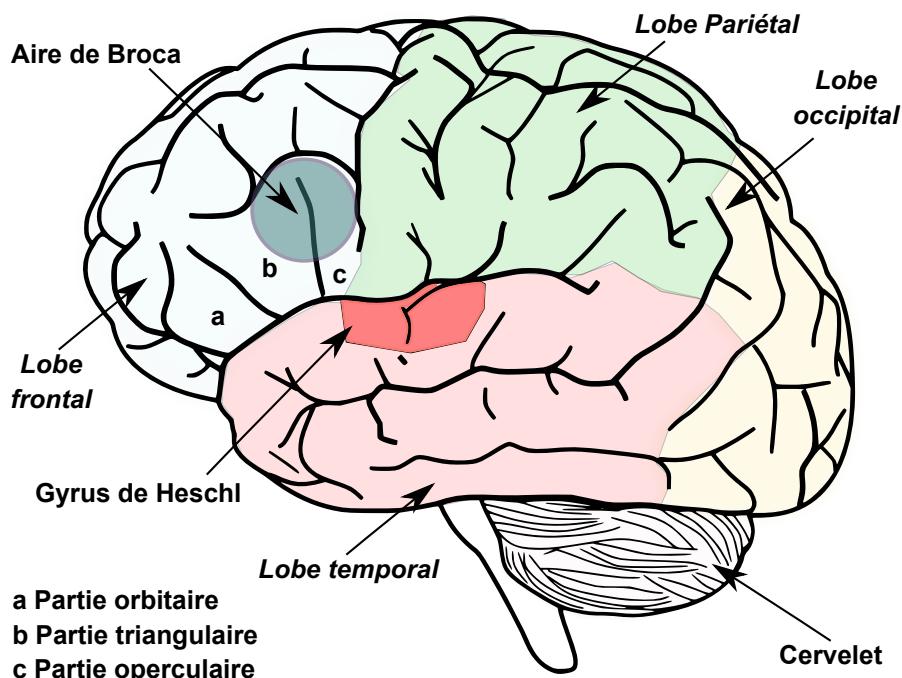


FIGURE A.1 – Hémisphère gauche - Face latérale

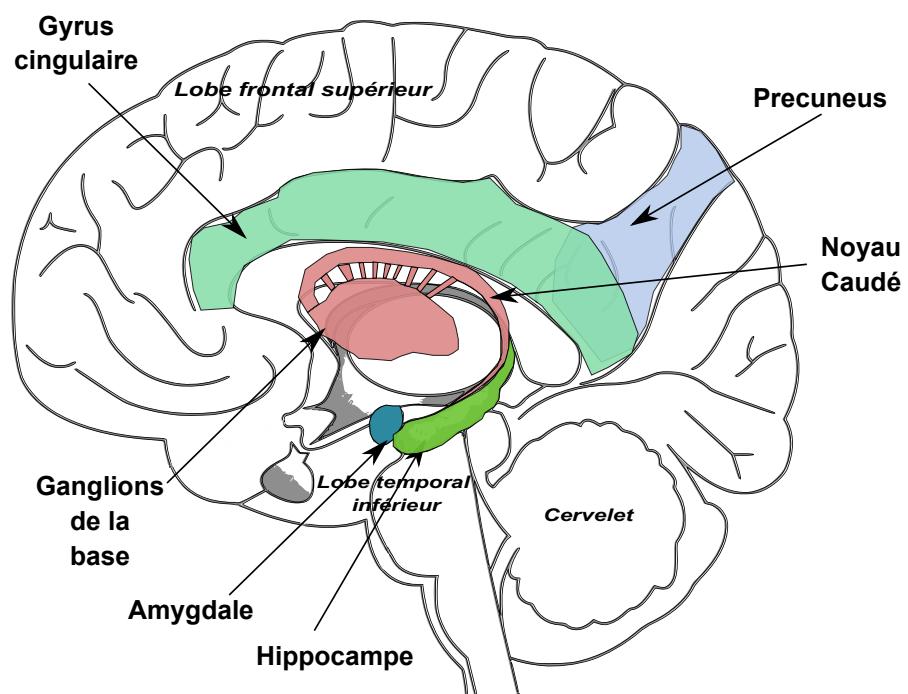


FIGURE A.2 – Hémisphère droit - Face médiale

# **Annexe B**

## **Questionnaire d'historique d'apprentissage des langues pour les apprenants**

# Historique Langagier

\*Obligatoire

## 1. Identifiant Sujet \*

---

## 2. Année de Naissance \*

---

## 3. Etes-vous: \*

*Une seule réponse possible.*

- Droitier(e)
- Gaucher(e)

## 4. Sexe

*Une seule réponse possible.*

- Feminin
- Masculin

## 5. Niveau d'études \*

*Une seule réponse possible.*

- Licence
- Master
- Autre

## 6. Langue maternelle \*

---

## 7. Quelle langue parlez-vous chez vous? \*

---

---

---

---

---

## 8. Faites la liste des langues que vous parlez, par ordre de dominance: \*

Ex: 1.Français, 2. Anglais, 3. Russe

---

---

---

---

---

**9. Faites la liste des langues que vous parlez, par ordre d'acquisition \***

Ex: 1. Français, 2. Allemand, 3. Anglais

---

---

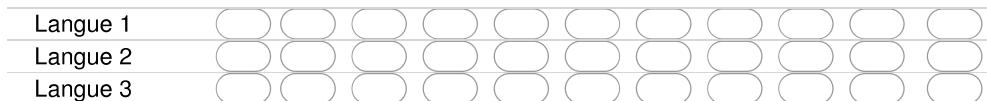
---

**10. Pourcentage de temps auquel vous êtes exposé à chaque langue en moyenne \***

(dans la vie courante)

*Une seule réponse possible par ligne.*

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%



**11. Avez-vous déjà eu:**

(Si oui, détaillez dans la case "Autre")

*Plusieurs réponses possibles.*

- un problème visuel
- un déficit auditif
- un trouble du langage
- un trouble de l'apprentissage
- Autre : \_\_\_\_\_

**12. A quel âge avez-vous commencé à apprendre l'anglais? \***

---

**13. A quel âge avez-vous atteint une maîtrise fluide de la langue anglaise? \***

---

**14. A quel âge avez-vous commencé à lire en anglais? \***

---

**15. A quel âge avez-vous réussi à lire en anglais de manière fluide? \***

---

**16. Avez-vous déjà vécu dans un pays anglophone? \***

*Une seule réponse possible.*

- Oui
- Non

**17. Si oui, combien de temps?**

---

**18. Avez-vous passé du temps dans une famille anglophone? \***

*Une seule réponse possible.*

- Oui  
 Non

**19. Si oui, combien de temps?**

---

---

---

---

**21. Avez-vous déjà passé du temps dans une école anglophone? \***

*Une seule réponse possible.*

- Oui  
 Non

**22. Si oui, combien de temps?**

---

---

---

---

**24. Dans quel mesure chacun des facteurs suivants a-t-il contribué à votre apprentissage de l'anglais? \***

1 = pas du tout contribué / 5 = beaucoup contribué

*Une seule réponse possible par ligne.*

1    2    3    4    5

|                               |                       |                       |                       |                       |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Etudes                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Interaction avec des amis     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lire pour le plaisir          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Regarder la TV/séries/films   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ecouter la radio / la musique | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**25. Dans quel mesure êtes-vous exposé à l'anglais dans les contextes suivants? \***

1 = peu / 5 = beaucoup

*Une seule réponse possible par ligne.*

1    2    3    4    5

|                               |                       |                       |                       |                       |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Etudes                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Interaction avec des amis     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lecture pour le plaisir       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Regarder la TV/séries/films   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ecouter la radio / la musique | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**26. Sélectionnez votre niveau de maîtrise pour chacune des compétences suivantes: \***

1 = non maîtrisé / 5 = parfaitement maîtrisé

*Une seule réponse possible par ligne.*

|                      |                       |                       |                       |                       |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                    | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
| Expression orale     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Expression écrite    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Compréhension orale  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Compréhension écrite | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**27. A quel point êtes-vous d'accord avec les affirmations suivantes? \***

1 = non maîtrisé / 5 = parfaitement maîtrisé

*Une seule réponse possible par ligne.*

|                                                          | Pas du tout<br>d'accord | Pas vraiment<br>d'accord | Plutôt<br>d'accord    | Complètement<br>d'accord |
|----------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| J'aime parler anglais                                    | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>    |
| Je me sens en confiance<br>quand je parle anglais        | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>    |
| Je pense qu'il est<br>important d'être bon en<br>anglais | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>    |

**28. En général, à quel point aimez-vous apprendre de nouvelles langues? \***

*Une seule réponse possible.*

|            |                       |                       |                       |                       |                               |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1          | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |                               |
| Je déteste | <input type="radio"/> J'adore |

**29. En général, à quel point trouvez-vous qu'apprendre une nouvelle langue est facile? \***

*Une seule réponse possible.*

|                |                       |                       |                       |                       |                                   |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1              | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |                                   |
| Très difficile | <input type="radio"/> Très facile |

**30. Avez-vous déjà passé un test standardisé d'anglais? \***

*Plusieurs réponses possibles.*

- TOEIC
- TOEFL
- IELTS
- Cambridge Certificate: Advanced
- Cambridge Certificate: Proficiency
- Aucun test
- Autre : \_\_\_\_\_

**31. Si oui, quel score avez-vous obtenu?**

\_\_\_\_\_

424 Annexe B. Questionnaire d'historique d'apprentissage des langues pour les apprenants

# Annexe C

## Questionnaire d'historique d'apprentissage des langues pour les locuteurs natifs

# Language Background Questionnaire

\*Obligatoire

## 1. Identifier: \*

---

## 2. Sex: \*

*Une seule réponse possible.*

- Female  
 Male

## 3. Date of Birth \*

*Exemple : 15 décembre 2012*

## 4. Are you: \*

*Une seule réponse possible.*

- Left-handed  
 Right-handed

## 5. Place of Birth \*

City, (State), Country

---

## 6. Education \*

Are you currently preparing for:

*Une seule réponse possible.*

- Bachelor's degree  
 Master's degree  
 Ph.D.  
 Autre : \_\_\_\_\_

## 7. Native Language \*

---

## 8. What language do you speak at home? \*

---

## 9. List all the languages you speak, in order of dominance \*

ex. 1. English, 2. French, 3. German...

---

---

---

---

---

**10. List all the languages you speak, in order of acquisition \***

ex. 1: English, 2: Spanish, 3: French

---

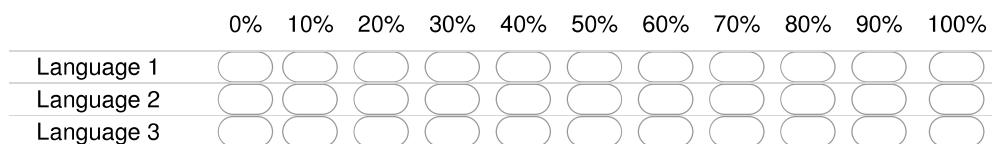
---

---

**11. Percentage of time you are currently and on average exposed to each language: (total = 100%) \***

If you are exposed to less than 3 languages, simply indicate 0%.

*Une seule réponse possible par ligne.*



**12. Have you ever had:**

If yes, please detail in "Other" section

*Plusieurs réponses possibles.*

- an hearing impairment
- a language disorder
- a learning disorder
- Autre : \_\_\_\_\_

**13. In general, how well do you like learning new languages? \***

*Une seule réponse possible.*



**14. In general, how easy do you find learning new languages? \***

*Une seule réponse possible.*





## Annexe D

### Expérience 1 : Liste des stimuli critiques

Pour rappel, chaque stimuli était décliné selon les quatre versions suivantes :

1. Did Mary quote a philosopher ?
2. Did John quoted a philosopher ?
3. Had Mary quote a philosopher ?
4. Had John quoted a philosopher ?

Le même nombre de stimuli de chaque construction figurait dans chacune des quatre versions de l'expérience. Les prénoms étaient répartis équitablement dans chaque structure. La liste complète des stimuli utilisés est présentée ci-dessous dans la version correspondant à l'Exemple 1.

|                                         |                                          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Did Mary quote a philosopher ?          | Did Mary trust us with her secret ?      |
| Did Mary avoid an argument ?            | Did Mary direct a horror movie ?         |
| Did Mary contact a lawyer ?             | Did Mary paint our portrait ?            |
| Did Mary act in a weird way ?           | Did Mary react appropriately ?           |
| Did Mary compete in a race ?            | Did Mary want a cat at home ?            |
| Did Mary vote on election day ?         | Did Mary provide us with food ?          |
| Did Mary start ignoring us ?            | Did Mary decide I would go ?             |
| Did Mary support a stupid cause ?       | Did Mary alert us of the danger ?        |
| Did Mary attend a conference ?          | Did Mary include us in the process ?     |
| Did Mary participate in the workshop ?  | Did Mary comment on my haircut ?         |
| Did Mary adopt a black puppy ?          | Did Mary predict I would win ?           |
| Did Mary sound ashamed of us ?          | Did Mary test our blood for drugs ?      |
| Did Mary state an obvious fact ?        | Did Mary point out our mistakes ?        |
| Did Mary expect us to say something ?   | Did Mary arrest a suspect ?              |
| Did Mary suggest a French restaurant ?  | Did Mary evacuate injured people ?       |
| Did Mary delete an important file ?     | Did Mary waste our precious time ?       |
| Did Mary record a new song ?            | Did Mary regret eating those oysters ?   |
| Did Mary attempt a hard exercise ?      | Did Mary regulate access to this place ? |
| Did Mary accept our apology ?           | Did Mary confront us about it ?          |
| Did Mary violate our agreement ?        | Did Mary demand a new office ?           |
| Did Mary associate us to her projects ? | Did Mary create a work of art ?          |
| Did Mary communicate important ideas ?  | Did Mary repeat a bad story ?            |
| Did Mary educate immigrants ?           | Did Mary indicate a desire to leave ?    |
| Did Mary cheat on her boyfriend ?       | Did Mary wait out the storm ?            |
| Did Mary promote our latest book ?      | Did Mary invite us to lunch ?            |
| Did Mary end our relationship ?         | Did Mary represent a threat to us ?      |
| Did Mary defend our interests ?         | Did Mary respond angrily ?               |
| Did Mary host a surprise party ?        | Did Mary present our business plan ?     |
| Did Mary succeed in everything ?        | Did Mary regard all girls with envy ?    |
| Did Mary invest in this company ?       | Did Mary suspect us of stealing ?        |
|                                         | Did Mary reject our proposal ?           |

Did Mary recommend a good hotel ?  
 Did Mary investigate armed robberies ?  
 Did Mary collect our donation ?  
 Did Mary date a famous actor ?  
 Did Mary appreciate our indulgence ?  
 Did Mary demonstrate against the reform ?  
 Did Mary remind us to be on time ?  
 Did Mary motivate us to learn Chinese ?  
 Did Mary recruit us for this mission ?  
 Did Mary distribute our flyers ?  
 Did Mary print our document ?  
 Did Mary celebrate our victory ?  
 Did Mary grant us our wishes ?  
 Did Mary hate Australia ?  
 Did Mary treat us like idiots ?  
 Did Mary negotiate a new contract ?  
 Did Mary limit our options ?  
 Did Mary debate on immigration ?  
 Did Mary add an illustration ?  
 Did Mary depend on our money ?  
 Did Mary conduct experiments ?  
 Did Mary commit a horrible crime ?  
 Did Mary count us among her friends ?  
 Did Mary mind asking the question ?  
 Did Mary respect our opinion ?  
 Did Mary visit us in London ?  
 Did Mary note it on the memo ?  
 Did Mary report it to the police ?  
 Did Mary protect our computer ?  
 Did Mary admit I had helped ?  
 Did Mary insist on wearing a skirt ?  
 Did Mary consulted a specialist ?  
 Did Mary update us on the news ?  
 Did Mary manipulate us all along ?  
 Did Mary tolerate our absence ?  
 Did Mary finish our dinner ?  
 Did Mary hope I would come ?  
 Did Mary express our indignation ?  
 Did Mary approach a jazz band ?  
 Did Mary risk it all for love ?  
 Did Mary talk about this ?  
 Did Mary finance arms trafficking ?  
 Did Mary dance alone all night ?  
 Did Mary kick us out of there ?  
 Did Mary mark our papers ?  
 Did Mary escape unharmed from the crash ?  
 Did Mary launch a new campaign ?  
 Did Mary look at the sky ?  
 Did Mary smoke a cigarette ?  
 Did Mary miss a fabulous trip ?  
 Did Mary publish a novel ?  
 Did Mary address a crucial problem ?  
 Did Mary switch off the light ?  
 Did Mary watch our video ?  
 Did Mary crash our new car ?  
 Did Mary glance at the newspapers ?  
 Did Mary place a chair in the room ?  
 Did Mary slip on the wet floor ?  
 Did Mary vanish in the dark ?  
 Did Mary jump over a wall ?  
 Did Mary cross a river ?  
 Did Mary trap us inside ?  
 Did Mary pack our bags carefully ?  
 Did Mary wrap a christmas gift ?  
 Did Mary like amusing children ?  
 Did Mary introduce us to her boss ?  
 Did Mary wipe a stain off her pants ?  
 Did Mary reduce our privileges ?  
 Did Mary punish us severely ?  
 Did Mary joke about that ?  
 Did Mary work as a teacher ?  
 Did Mary lock us outside ?  
 Did Mary rip open her present ?  
 Did Mary produce a TV show ?  
 Did Mary discuss our difficulties ?  
 Did Mary track a wild animal ?  
 Did Mary practice an instrument ?  
 Did Mary shop all afternoon ?  
 Did Mary notice our efforts ?  
 Did Mary flip a coin to choose ?  
 Did Mary tip our waiter too much ?  
 Did Mary kidnap a little boy ?  
 Did Mary click on the screen ?  
 Did Mary punch us in the face ?

Did Mary knock on the door ?  
Did Mary attack us brutally ?  
Did Mary reverse our situations ?  
Did Mary dress up for the event ?  
Did Mary check our luggage ?  
Did Mary focus on her family ?  
Did Mary face a hard truth ?  
Did Mary pass an exam ?  
Did Mary wish I was there ?  
Did Mary ask us to bring beer ?  
Did Mary pick up the kids ?  
Did Mary convince us to drink whiskey ?  
Did Mary replace us with someone else ?  
Did Mary step in the mud ?  
Did Mary witness an accident ?  
Did Mary fix our radio ?  
Did Mary develop amazing products ?  
Did Mary press oranges ?  
Did Mary reach a decision ?  
Did Mary crush an insect ?  
Did Mary assess our abilities ?  
Did Mary attach a rope to the rock ?  
Did Mary reflect on her behaviour ?  
Did Mary drop out of college ?  
Did Mary guess I was cheating ?  
Did Mary accomplish a lot here ?  
Did Mary increase our salary ?  
Did Mary force us to speak ?  
Did Mary stop admiring her ?  
Did Mary relax in the bath ?  
Did Mary push us to lie ?  
Did Mary impress us with her speech ?  
Did Mary laugh at them in class ?  
Did Mary help us move out ?  
Did Mary promise I would be there ?  
Did Mary kiss us goodbye ?  
Did Mary collapse on the ground ?  
Did Mary thank us for the flowers ?  
Did Mary influence our final choice ?  
Did Mary announce our defeat ?  
Did Mary shock us recently ?  
Did Mary experience a life crisis ?  
Did Mary cook an indian meal ?  
Did Mary sentence us to death ?  
Did Mary crack our secret code ?  
Did Mary mess up her timing ?  
Did Mary sense I was angry ?

## Annexe E

### Expérience 1 : Grille de codage pour l'annotation des productions orales

434 Annexe E. Expérience 1 : Grille de codage pour l'annotation des productions orales

| Codage      | Type d'erreur                                   | Exemple                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| m:a:0s      | Accord du pluriel manquant                      | many European country                                   |
| m:a:+s      | Marque du pluriel superflue                     | another craziest [/] crazy things                       |
| m:a:es      | Accord de personne manquant                     | nobody see everything                                   |
| m:a:+es     | Marque d'accord de personne superflue           | some parents stays                                      |
| m:0ed       | Marque du passé manquante                       | so it was ok I just go to the parents                   |
| m:=ed       | Erreur sur verbe irrégulier                     | keeped                                                  |
| m:ed:other  | Autre erreur liée au passé                      | one of them did crack                                   |
| m:+en       | Aspect parfait superflu                         | I (ha)ve been to[:] Madrid (.) last year                |
| m:0ing      | Aspect continu manquant                         | we spend a lot of time to talk                          |
| m:+cond     | Conditionnel superflu                           | it was a dream that I always would like to do           |
| 0verb       | Verbe manquant                                  | I don't know it just the most beautiful country         |
| 0gen        | Génitif manquant                                | then he ran into: &uh &uh one of &uh [/] a friend house |
| 0art        | Article manquant                                | we had just amazing time                                |
| f:a:0:d     | The utilisé au lieu de l'article zéro           | &um during the last summer                              |
| f:prep      | Mauvaise préposition                            | we came back at home on the morning                     |
| f:+prep     | Préposition superflue                           | watching at the video                                   |
| f:+poss     | Mauvais déterminant possessif                   | my funniest thing I (ha)ve done on holiday              |
| f:+anim     | Utilisation d'un pronom animé au lieu de neutre | Call of Duty (.) I love him                             |
| f:+ellipsis | Mauvaise reprise                                | he didn't get hurt but I get                            |
| @barb       | barbarisme                                      | I talked to one of the salers                           |

## Annexe F

### Expériences 1 & 2 : Textes à trous

## Texte à trous - v1

Mettre le verbe entre parenthèses à la forme correcte ou choisir le bon mot.  
Il faudra peut-être parfois ajouter des auxiliaires.

\*Obligatoire

### 1. Identifiant \*

---

---

### 2. I hadn't (see) \_\_\_\_\_ him for a long time. \*

---

---

### 3. Had Lucy (explain) (1) \_\_\_\_\_ what would (happen) (2) \_\_\_\_\_ ?

Mettre chacun des verbes à la bonne forme.

---

---

---

---

### 4. Did Mary (tell) \_\_\_\_\_ you to go? \*

---

---

### 5. James didn't (hear) \_\_\_\_\_ the story. \*

---

---

### 6. The teacher (explain) \_\_\_\_\_ the problem to the students yesterday. \*

---

---

### 7. We (see) (1) \_\_\_\_\_ (ø-a(n)-one-the) (2) \_\_\_\_\_ old church in Italy last year. \*

Mettre le verbe à la bonne forme et indiquer le bon déterminant.

---

---

---

---

### 8. Every day, John (say) (1) \_\_\_\_\_ he (want) (2) \_\_\_\_\_ to buy a car. \*

Mettre chacun des verbes à la bonne forme.

---

---

---

---

9. I can (speak) \_\_\_\_\_ Spanish very well. \*

---

---

10. If I (be) (1) \_\_\_\_\_ you, I (learn) (2) \_\_\_\_\_ my lesson. \*

Mettre chacun des verbes à la bonne forme

---

---

---

---

11. That book is very interesting, (be) \_\_\_\_\_ it?

\*

---

---

12. Do you (know) (1) \_\_\_\_\_ (ø-a-one-the) (2) \_\_\_ people who live next door? \*

Mettre le verbe à la bonne forme et indiquer le bon déterminant.

---

---

---

---

13. I have (no/any/none) (1) \_\_\_\_\_ idea what is (happen) (2) \_\_\_\_\_. \*

Indiquer le bon déterminant et mettre le verbe à la bonne forme.

---

---

---

---

---

## Texte à trous - v2

Mettre le verbe entre parenthèses au bon temps et à la bonne forme ou choisir le bon mot.  
Il faudra peut-être parfois ajouter des auxiliaires.

\*Obligatoire

### 1. Identifiant \*

- \_\_\_\_\_
2. If he hadn't (come) (1) \_\_\_\_\_ to England, he (stay) (2) \_\_\_\_\_ in France. \*

Mettre chacun des verbes à la bonne forme.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Susanne (know) \_\_\_\_\_ you for a long time. \*

\_\_\_\_\_

4. Didn't she (listen) \_\_\_\_\_ to that record? \*

\_\_\_\_\_

5. Does Anna (love) \_\_\_\_\_ candy? \*

\_\_\_\_\_

6. Mark (say) (1) \_\_\_\_\_ he (call) (2) \_\_\_\_\_ you tomorrow. \*

Mettre chacun des verbes au bon temps et à la bonne forme.

\_\_\_\_\_

7. Julie used to (smoke) \_\_\_\_\_ before. \*

\_\_\_\_\_

8. Laura can (sing) \_\_\_\_\_ gospel. \*

\_\_\_\_\_

9. Paul must (play) \_\_\_\_\_ the piano yesterday. \*

\_\_\_\_\_

10. Mary (run) \_\_\_\_\_ very fast right now. \*

\_\_\_\_\_

11. The fish (eat) \_\_\_\_\_ by the cat.\*

---

---

---

12. When I (arrive) (1) \_\_\_\_\_ tomorrow, I (go) (2) \_\_\_\_\_ to the beach.\*

Mettre chacun des verbes au bon temps et à la bonne forme.

---

---

---

13. (ø-a-one-the)\_\_\_\_\_ Second World War ended in 1945.\*

*Une seule réponse possible.*

- ø
- A/An
- One
- The

14. May I (offer) (1) \_\_\_\_\_ you (some/any) (2) \_\_\_\_\_ tea? \*

Mettre le verbe à la bonne forme et choisir le bon déterminant.

---

---

---

15. Ken's brother is in (ø-a-one-the) \_\_\_\_\_ prison.\*

*Une seule réponse possible.*

- ø
- a/an
- one
- the



## Annexe G

### Expérience 1 : Questionnaire final pour le groupe Explicite

# Questionnaire final - Groupe E

\*Obligatoire

## 1. Identifiant \*

\_\_\_\_\_

## 2. Sur quelle(s) structure(s) de la langue anglaise étiez-vous testé ? \*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 3. Rappelez les règles présentées au début de l'expérience. \*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 4. Comment évaluez-vous votre maîtrise de la grammaire anglaise en général ? \*

Une seule réponse possible.

- Je fais beaucoup de fautes de grammaire
- Il m'arrive de faire des fautes, mais je suis plutôt à l'aise
- Je ne fais quasiment jamais de faute ni à l'oral ni à l'écrit

## 5. Lorsque vous faites des phrases en anglais à l'oral, vous vous basez plutôt sur... \*

Une seule réponse possible par ligne.

|                                   | rarement              | plutôt peu            | plutôt souvent        | (presque) toujours    |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| I'intuition                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| les connaissances de la grammaire | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

## 6. Lorsque vous faites des phrases en anglais à l'écrit, vous vous basez plutôt sur... \*

Une seule réponse possible par ligne.

|                                   | rarement              | plutôt peu            | plutôt souvent        | (presque) toujours    |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| I'intuition                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| les connaissances de la grammaire | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

## 7. Comment évaluez-vous votre maîtrise de la grammaire française en général ? \*

Une seule réponse possible.

- Je fais souvent des fautes de grammaire et/ou d'orthographe
- Il m'arrive de faire des fautes, mais je suis plutôt à l'aise
- Je ne fais quasiment jamais de faute ni à l'oral ni à l'écrit

## Annexe H

### Expérience 1 : Questionnaire final pour le groupe Implicite

# Questionnaire final - Groupe I

\*Obligatoire

## 1. Identifiant \*

\_\_\_\_\_

## 2. Sur quelle(s) structure(s) de la langue anglaise étiez-vous testé ? \*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 3. Donnez les règles régissant les fautes entendues lors du test d'acceptabilité grammaticale. \*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 4. Comment évaluez-vous votre maîtrise de la grammaire anglaise en général ? \*

*Une seule réponse possible.*

- Je fais beaucoup de fautes de grammaire
- Il m'arrive de faire des fautes, mais je suis plutôt à l'aise
- Je ne fais quasiment jamais de faute ni à l'oral ni à l'écrit

## 5. Lorsque vous faites des phrases en anglais à l'oral, vous vous basez plutôt sur... \*

*Une seule réponse possible par ligne.*

|                                   | rarement              | plutôt peu            | plutôt souvent        | (presque) toujours    |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| I'intuition                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| les connaissances de la grammaire | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

## 6. Lorsque vous faites des phrases en anglais à l'écrit, vous vous basez plutôt sur... \*

*Une seule réponse possible par ligne.*

|                                   | rarement              | plutôt peu            | plutôt souvent        | (presque) toujours    |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| I'intuition                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| les connaissances de la grammaire | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

## 7. Comment évaluez-vous votre maîtrise de la grammaire française en général ? \*

*Une seule réponse possible.*

- Je fais souvent des fautes de grammaire et/ou d'orthographe
- Il m'arrive de faire des fautes, mais je suis plutôt à l'aise
- Je ne fais quasiment jamais de faute ni à l'oral ni à l'écrit

# Annexe I

## Expérience 2 : Liste des stimuli critiques

Pour rappel, chaque stimuli était décliné selon les quatre versions suivantes :

1. Although the boy is begging, #<sup>56</sup> the headmaster will have him expelled.
2. Although the boy is begging the headmaster #, the professor will have him expelled.
3. Although the boy is begging # the headmaster # the professor will have him expelled.
4. Although the boy is begging the headmaster will have him expelled.

Le même nombre de stimuli de chaque construction figurait dans chacune des quatre versions de l'expérience. La liste complète des stimuli utilisés est présentée ci-dessous dans la version correspondant à l'exemple 1.

### **Liste 1**

Although the mayor is missing the dinner, the food is served on time.  
 Although the employee is resisting the pressure, the stress is getting to him.  
 Although the inflation is accelerating the deficit, the economy is stable.  
 Although the student is trying his best, his work is not enough.  
 Although that author is writing the story, the scenario is disappointing.  
 Although the comedian was entertaining the crowd, the audience was getting bored.  
 Although the acrobat was improving the show, the circus still wasn't popular.  
 Although the professor was teaching the class, the student wasn't listening.  
 Although the businessman was reading the book, the story was not interesting.  
 Although the sun was burning his skin, his face remained white.  
 Although the athlete was winning the competition, the race was interrupted.  
 As the hijacker is boarding the plane, the flight will be stopped.  
 As the witness is helping the judge, the jury is nice to her.  
 As the man is hunting the ducks, the pigeons fly away.  
 As the lawyer is negotiating the contract, the agreement is signed.  
 As the architect is selling his house, his office is visited a lot.  
 As the doctor is studying the brain, the mind has no secrets for him.  
 As the bear was attacking the fox, the deer ran away.  
 As the visitor was drinking the water, the wine disappeared.  
 As her illness was slowing her recovery, her depression progressed steadily.  
 As the singer was shaking his drink, his rhum landed on the floor.  
 As the photographer was shooting the passengers, the steward called the police.  
 As the pilot was crashing the helicopter, the radio sent out an SOS.  
 When the actress was changing her dress, her shoe was stolen.  
 When the bachelor is cooking the vegetables, the pasta are raw.  
 When the mother is bathing the baby, the toddler starts crying.

---

56. Le symbole dièse indique une frontière prosodique.

When the beginner is exercising his legs, his feet get tired.  
 When the teacher is explaining the problem, the difficulty is resolved.  
 When the audience is clapping his performance, his confidence improves.  
 When the senator is visiting his relatives, his children are very polite.  
 When the nurse was assisting the surgeon, the patient cut his hand.  
 When the guy was driving the truck, the coach went off the road.  
 When the widow was grieving her pet, her family comforted her.  
 When the tourist was packing her shirt, her dress got stained.  
 When the dictator was exiting the room, the palace started emptying.  
 While the soldier is fighting the enemy, the officer is drinking wine.  
 While the criminal is hiding the body, the weapon can still be found.  
 While a sailor is navigating the river, the sea is a safe place.  
 While the opposition is weakening his power, his influence remains strong.  
 While the prince is ruling the kingdom, the population is starving.  
 While the dog is scratching its leg, its tail keeps moving.  
 While the runner was training her sister, her mother was taking pictures.  
 While the immigrant was fleeing the city, the country was invaded by the enemy.  
 While the hitch-hiker was travelling the continent, the region was hit by a tornado.  
 While the musician was practising the violin, the guitar fell off its stand.  
 While the cook was smoking the bacon, the salmon fell on the floor.  
 While the journalist was tweeting the rumour, the news spread like fire.

## Liste 2

Although the candidate is celebrating his success, his victory is not yet confirmed.  
 Although the politician is exaggerating the threat, the danger is in fact real.  
 Although the army is losing the battle, the war is still raging.  
 Although the employee is mourning his brother, his colleague is not supportive.  
 Although the citizen is paying his bills, his taxes are too high.  
 Although the parasite is spreading the disease, the illness remains under control.  
 Although the leader was concluding the speech, the meeting had been too long.  
 Although the murderer was escaping the prison, the area was not secured.  
 Although the prisoner was suffocating the guard, the policeman did not help.  
 Although the man was surfing the waves, his moves were not very impressive.  
 Although the colonel was commanding the troops, the soldiers refused to obey.  
 Although the priest was humming the melody, the song was not well-known.  
 As the elector is asking the question, the issue is raised again.  
 As the salesman is leaving the company, the boss is satisfied.  
 As the manager is resigning the job, the position will be given to someone else.  
 As the couple is separating the brothers, the boys keep fighting.  
 As the publisher is signing the contract, the deal is valid.

As the president is watching the game, the show is delayed.  
As the poet was awaiting the results, the winners were revealed.  
As the tiger was eating the lamb, the goat was drinking in the river.  
As the clown was juggling the balls, the sticks hit him on the head.  
As the driver was parking the bus, the motorcycle almost crashed.  
As the star was singing the tune, the anthem was booed by the audience.  
As the cousin was texting his friend, his father alerted the police.  
When a grown-up is babysitting the kids, the teenagers have to behave.  
When the janitor is cleaning the hall, the kitchen remains dirty.  
When the boy is hurting the cat, the dog comes to the rescue.  
When a person is moving the car, the key is necessary.  
When the girl is playing the game, the goal is different.  
When a miner is working the holidays, the breaks never come soon enough.  
When the guide was climbing a rock, a stone broke his arm.  
When the reporter was filming the interview, the senator was violently interrupted.  
When the pilot was flying the plane, the kite crashed into a tree.  
When the woman was painting the horse, the cow escaped from the farm.  
When the soldier was patrolling the village, the house started to burn.  
When the giraffe was approaching the children, the adults tried to give it peanuts.  
While the artist is drawing the picture, the painting is displayed.  
While the secretary is typing the document, the letter is being proof-read.  
While the jogger was running the marathon, the prize was won by his brother.  
While the detective is investigating the murder, the robbery goes unpunished.  
While the actor is rehearsing the role, the play can still be changed.  
While the handyman is sweeping the dust, the dirt floats in the air.  
While the gymnast is stretching her legs, her arms are painful.  
While the mother was drowning the child, the baby was playing in the sand.  
While the child was learning the piano, the vase suddenly broke.  
While the skipper was sailing the boat, the canoe sunk.  
While the princess was vomiting the food, the wine was being served.  
While the crowd was gathering the stones, the grenades were thrown at the police.