

THÈSE DE DOCTORAT

Soutenue à l'Université Saint-Joseph de Beyrouth
en cotutelle avec l'Université Saint-Joseph de Beyrouth
le 1juillet 2022 par

Celeste Younes Harb

Etude comportementale de l'écriture chez des adultes bigraphes

Disciplines

Biologie santé
Sciences biologiques et médicales

Spécialités

Neurosciences
Biomécanique et imagerie médicale

Écoles doctorales

ED 62 – Sciences de la vie et de la santé
EDSS – Ecole Doctorale sciences et santé

Laboratoires/Partenaires de recherche

Laboratoire de Neurosciences Cognitives
LNC, UMR 7291

Laboratoire de Biomécanique et d'imagerie
médicale, CIS, USJ

Composition du jury

Marie-Laure KAISER Rapporteuse
Haute école de santé de Genève
Thierry OLIVE Rapporteur
Université de Poitiers
Nada OWEIJAN Examinatrice
Université libanaise
Jean-Michel ALBARET Examineur
Université Paul Sabatier Toulouse
Joseph MAARAWI Président du jury
Université Saint Joseph de Beyrouth
Carla MATTA ABIZEID Directrice de thèse
Université Saint Joseph de Beyrouth
Jeremy DANNA Directeur de thèse
Aix-Marseille Université
Jean-Luc VELAY Membre invité

Affidavit

Je soussignée, Céleste Younes Harb, déclare par la présente que le travail présenté dans ce manuscrit est mon propre travail, réalisé sous la direction scientifique du Professeur Carla Matta Abizeid et du Docteur Jeremy Danna, dans le respect des principes d'honnêteté, d'intégrité et de responsabilité inhérents à la mission de recherche. Les travaux de recherche et la rédaction de ce manuscrit ont été réalisés dans le respect à la fois de la charte nationale de déontologie des métiers de la recherche et de la charte d'Aix-Marseille Université relative à la lutte contre le plagiat.

Ce travail n'a pas été précédemment soumis en France ou à l'étranger dans une version identique ou similaire à un organisme examinateur.

Fait à Beyrouth, le 6 mai 2022

Céleste Younes



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Affidavit

I, undersigned, Céleste Younes Harb, hereby declare that the work presented in this manuscript is my own work, carried out under the scientific direction of Professor Carla Matta Abizeid and Doctor Jeremy Danna, in accordance with the principles of honesty, integrity and responsibility inherent to the research mission. The research work and the writing of this manuscript have been carried out in compliance with both the French national charter for Research Integrity and the Aix-Marseille University charter on the fight against plagiarism.

This work has not been submitted previously either in this country or in another country in the same or in a similar version to any other examination body.

Place Beirut, date 6 mai 2022

Céleste Younes



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Liste de publications et participation aux conférences

- 1) Liste des publications réalisées dans le cadre du projet de thèse :
 1. En préparation: Younes-Harb, C., Danna, J., Albaret, J-M., Matta-Abizeid, C. & Velay, J-L. Handwriting analysis in bigraphic subjects writing French and Arabic.
 2. 2018: Younes-Harb, C., Matta-Abizeid, C., Albaret, J-M & Velay, J-L. (2018). Studying handwriting in a bilingual and bigraphic Arabic-French setting. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*. 30 (153). 209-216.
 3. 2016: Younes-Harb, C., & Matta-Abizeid, C., Albaret, J-M & Velay, J-L. (2016). Étude comportementale de l'écriture chez des sujets adultes dans le cadre du bigraphisme. In *Les entretiens de Psychomotricité*. Toulouse : Europa Digital & Publishing. Les entretiens de Bichat.
- 2) Participation aux conférences et écoles d'été au cours de la période de thèse :
 1. 2019- Juillet : Younes-Harb, C., Matta-Abizeid, C., Albaret, J.M., Velay, J.L.- Le bigraphisme franco- arabe : quelles particularités ? - Parlez-Moi Recherche - 22 ans de PHC-CEDRE- Liban.
 2. 2019- June: Younes-Harb, C., Matta-Abizeid, C. Albaret, J.M., Velay, J.L. – “Handwriting analysis in bigraphic subjects writing French and Arabic. Writing Word(s) Workshop, Marseille.
 3. 2019- Avril : Younes-Harb, C., Mansour, M., Fabiani, E., Matta-Abizeid, C., Albaret, J-M & Velay J-L. Interférences graphiques dans la production écrite des bigraphes français/arabe : une approche neurocognitive. *Ecritures en contact. Pratiques et interférences- colloque international du programme « Scripta-PSL. Histoire et pratiques de l'écrit »* - Paris.
 4. 2018- Mai: Younes-Harb, C., Matta-Abizeid, C., Albaret, J-M., Velay, J-L. Etude de l'écriture dans le cadre du bilinguisme- bigraphisme arabe- français. Colloque 20ème Journée Toulousaine de psychomotricité- France- Toulouse
 5. 2016- Octobre: Younes-Harb, C., Matta-Abizeid, C., Albaret, J-M., Velay, J-L. Étude comportementale de l'écriture chez des sujets adultes dans le cadre du bigraphisme Entretiens de Psychomotricité. Paris, Palais des congrès.

Résumé

Au Liban, les enfants apprennent à écrire simultanément deux systèmes graphiques (arabe et latin) dès l'âge de 5 ans. Ce phénomène de bigraphisme rend la situation d'écriture complexe. En effet, au regard des divergences entre ces deux systèmes graphiques, en particulier en ce qui concerne la direction d'écriture, les programmes moteurs nécessaires sont différents. Ceci pourrait engendrer des interférences dans la production des deux écritures. À ce jour, il existe peu d'études portant sur l'influence du contexte de bigraphisme sur le développement de l'écriture.

Au cours de cette thèse, nous nous sommes intéressés aux interférences qui pourraient exister entre ces deux systèmes graphiques chez des adultes Libanais droitiers bigraphes. Parallèlement, nous nous sommes interrogés sur l'effet de la dominance manuelle et les angles de tenue du stylo sur l'écriture des systèmes graphiques arabe et latin dans ce contexte de bigraphisme. Ainsi, huit questions de recherche se sont posées.

L'étude, effectuée auprès d'adultes droitiers, a permis la mise en évidence d'interférences minimales dans l'écriture de mots chez les sujets bigraphes. Les Libanais droitiers maintiennent généralement les programmes moteurs relatifs à chacun des systèmes graphiques. Leur écriture des mots français diverge de celle des scripteurs français uniquement au niveau de la largeur de la trace et du nombre de levers. Leur écriture des mots arabes diverge de celle des scripteurs syriens uniquement au niveau de la hauteur de la trace et de la vitesse de tracé. Cet « accent graphique » manifesté chez les scripteurs libanais semble être mieux identifiable visuellement par les lecteurs libanais. En ce qui concerne la tenue du stylo, les Libanais droitiers orientent leur stylo différemment lorsqu'ils écrivent les deux langues.

L'étude portant sur l'effet de la latéralité manuelle sur l'écriture des mots en français et en arabe a montré que le phénomène d'interférence est encore plus exacerbé chez les Libanais gauchers que chez les droitiers. Les comparaisons effectuées entre les Libanais droitiers et gauchers montrent que les gauchers étalent davantage sur l'horizontale les mots écrits que les droitiers et par conséquent écrivent plus grand sans pour autant augmenter leur vitesse. En ce qui concerne l'écriture de l'arabe de droite à gauche, les gauchers ne sont pas avantagés par rapport aux droitiers, bien au contraire, ils écrivent plus grand que les droitiers, notamment sur les parties tracées et dans la dimension verticale et ils sont plus lents que ces derniers. De plus, l'écriture des mots français des Libanais gauchers diverge de celle des Français gauchers au niveau de l'aspect spatial de l'écriture, notamment sur les parties tracées et surtout dans la dimension horizontale. En ce qui concerne la tenue du stylo, elle est semblable chez les gauchers Libanais et Français contrairement aux droitiers Libanais et Français. Les gauchers libanais ne changent que très peu de position de stylo quand ils écrivent en arabe et en français, contrairement aux droitiers. Il semble que la direction opposée des deux systèmes graphiques impose aux Libanais, qu'ils soient droitiers ou gauchers, une orientation de « compromis » leur permettant d'écrire de droite à gauche et de gauche à droite. Les comparaisons de l'écriture de mots français entre les scripteurs Français gauchers à posture droite et ceux à posture inversée nous permettent de retenir une tendance chez les gauchers à posture inversée à lever plus le stylo en l'air que les gauchers à posture droite. Quoi qu'il en soit, l'orientation différente du stylo n'est pas corrélée avec les dissimilitudes notées au niveau de l'écriture des mots.

L'ensemble de ces résultats confirme la présence d'un léger « accent » à l'écrit chez les bigraphes qui ont appris les systèmes graphiques arabe et latin simultanément, notamment chez

les adultes gauchers. Ces interférences peuvent être d'origine biomécanique ou neuro-fonctionnelle.

Mots clés : bigraphisme, interférence, systèmes graphiques, latéralité manuelle, processus de l'écriture, orientations préférentielles, adultes.

Abstract

In Lebanon, children from the age of 5 learn to write two graphic systems (Arabic and Latin) simultaneously. This phenomenon of bigraphism makes the writing situation complex. Indeed, in view of the differences between these two graphic systems, in particular with regard to the direction of writing, the necessary motor programs are different. This could cause interference in the production of the two writings. To date, there are few studies on the influence of the context of bigraphism on the development of writing.

During this thesis, we were interested in the interferences that could exist between these two graphic systems in adult Lebanese right-handed bigraph writers. At the same time, we questioned the effect of manual dominance and the angles of pen holding on the writing of Arabic and Latin graphic systems in this context of bigraphism. Thus, eight research questions arose.

The study, carried out on right-handed adults, revealed minimal interference in the writing of words in bigraph subjects. Right-handed Lebanese generally maintain the motor programs relating to each of the graphic systems. Their writing of French words diverges from that of French subjects only in the width of the trace and the number of rises. Their writing of Arabic words diverges from that of Syrian subjects only in the height and the speed of the trace. This "graphic accent" seems to be visually better identifiable by Lebanese readers. Regarding pen holding, right-handed Lebanese orient their pen differently when writing each language.

The study on the effect of manual laterality on the writing of words in French and Arabic showed that the phenomenon of interference is even more exacerbated in left-handed Lebanese than in right-handed Lebanese. Comparisons made between right-handed and left-handed Lebanese show that left-handed people spread out written words more horizontally than right-handed people and therefore write larger without increasing their speed. As far as the writing of Arabic from right to left is concerned, left-handed people do not have an advantage over right-handed people, on the contrary, they write larger than right-handed people, especially on the drawn parts and in the vertical dimension and they are slower than the latter. Moreover, the writing of the French words by left-handed Lebanese diverges from that of the left-handed French in terms of the spatial aspect of writing, especially on the drawn parts and in the horizontal dimension. Regarding the holding of the pen, it is similar among Lebanese and French left-handers, unlike Lebanese and French right-handers. Left-handed Lebanese change pen position very little when writing in Arabic and French, unlike right-handers. It seems that the opposite direction of the two graphic systems imposes on Lebanese, whether they are right-handed or left-handed, an orientation of "compromise" allowing them to write from right to left and from left to right. Comparisons made between left-handed French writers with noninverted posture and those with inverted posture allow us to retain a tendency among left-handed French writers with inverted posture to raise the pen more in the air than left-handed with noninverted posture. Be that as it may, the different orientation of the pen is not correlated with the dissimilarities noted at the level of the writing of the words.

All of these results confirm the presence of "accents" between the Arabic and Latin graphic systems learned simultaneously, particularly in left-handed adults. These interferences can be of biomechanical or neuro-functional origin.

Keywords: bigraphism, interference, graphic systems, manual laterality, writing process, preferential orientations, adults.

Remerciements

Ces longues années d'aventures m'ont permis de connaître des personnes exceptionnelles tant scientifiquement qu'humainement.

Je tiens d'abord à remercier infiniment mes trois encadrants, sans qui, ce travail n'aurait pas vu le jour :

Ma directrice de thèse Carla Matta-Abizeid, pour l'authenticité de tes encouragements, l'ampleur de ta disponibilité, pour ta gentillesse, ton soutien dans toutes les situations et ton sourire rassurant. Je te remercie pour les conversations scientifiques et moins scientifiques et pour avoir cru en moi tout au long de ces années.

Mon directeur non-officiel Jean-Luc Velay, pour ta générosité (scientifique et humaine), tes conseils, ta « légèreté de l'être » et pour tous les bons moments à Marseille. Merci de m'avoir donné la chance de réaliser cette thèse et de partager avec moi ta passion pour le bigraphisme. Merci pour la minutie de ton accompagnement et pour ton aide si précieuse.

Mon directeur de thèse officiellement arrivé à la fin du parcours Jeremy Danna, pour le temps que tu as pris pour travailler avec moi, pour la transmission de ton savoir théorique et méthodologique et pour tous nos échanges.

Je tiens également à remercier Marie-Laure Kaiser, Nada Oweijan, Thierry Olive, Jean-Michel Albaret, Joseph Maarawi pour avoir accepté de faire partie de mon jury de soutenance de thèse et d'évaluer mon travail.

Un remerciement particulier à Jean-Michel Albaret, pour m'avoir encouragé à entamer cette aventure et pour allumer en moi la passion de la rigueur scientifique.

Merci à Nour, à Gaelle et à Jana pour l'entraide et la bonne humeur.

Je remercie toute l'équipe de l'IPM-USJ dont Gemma, Roula, Renée, Shereen, Pauline et Maya et aussi toute l'équipe des MuLaW, dont Mireille, Marieke, Elie, Sarah, Eva, Mylène et Lauriane pour la bienveillance et la bonne ambiance.

Je souhaite aussi vivement remercier tous les sujets qui se sont prêtés à cette expérience et qui, par leurs commentaires et leurs réactions, ont su éclairer des pistes de réflexions essentielles.

Enfin, je remercie ma famille : Nay, Samer, Wajdy, Leila, Myriam, Joseph, Paul et Reine pour m'avoir permis d'arriver là où j'en suis. Merci pour votre soutien inconditionnel, votre confiance et votre amour. Mon entière gratitude à vous, vous êtes mes murs porteurs.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	14
I. CADRE THEORIQUE.....	17
I.1 PRESENTATION DE LA NOTION GENERALE DE BIGRAPHISME : CHOIX DU TERME ET DEFINITION	17
I.1.1 Liens entre langues et systèmes graphique	20
I.1.2. Un coût du bilinguisme ?.....	20
I.1.3 Un coût du bigraphisme ?	22
I.1.4 Comment expliquer les interférences entre deux systèmes graphiques ?.....	23
I.2 LE CONTEXTE LIBANAIS	25
I.2.1 Le système graphique latin	26
I.2.1.1 Les caractéristiques du système graphique latin (français)	26
I.2.2 Le système graphique arabe	27
I.2.2.1 L'origine et l'évolution de l'écriture arabe	27
I.2.2.2 Les caractéristiques du système graphique arabe.....	29
I.3 LA PRODUCTION MOTRICE DE L'ECRITURE CHEZ DES SCRIPTEURS MONOGRAPHES	32
I.3.1 Les processus périphériques : Les étapes de la sortie motrice	32
I.3.2 La notion de programme moteur.....	34
I.3.2.1 La nature du programme moteur.....	35
I.3.2.2 La taille de l'unité de traitement au niveau du programme moteur	37
I.3.3 Comment sont programmés les mouvements graphiques en français ?	39
I.3.3.1 Grammaire de l'action de l'écriture du français	39
I.3.3.2 Regroupement des lettres latines selon l'isomorphisme des mouvements.....	40
I.3.4 Comment sont programmés les mouvements graphiques en arabe ?.....	41
I.3.4.1 Grammaire de l'action de l'écriture de l'arabe	41
I.3.4.2 Regroupement des lettres arabes selon l'isomorphisme des mouvements.....	42
I.4 LE STATUT PARTICULIER DU SENS D'ECRITURE	44
I.4.1 Divergence au niveau de la direction générale des systèmes graphiques arabe et latin : Pourquoi ?	44
I.4.2 Effets de la direction générale des systèmes graphiques arabe et latin sur les tendances directionnelles et l'écriture en miroir	48
I.4.2.1 Les tendances directionnelles	48
I.4.2.2 L'écriture en miroir.....	50
I.5 SYNTHESE DU CADRE THEORIQUE	51
II. QUESTIONS DE RECHERCHE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL EXPERIMENTAL	54
III. PRESENTATION DE LA POPULATION GENERALE.....	57
IV. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE EXPERIMENTALE	60
IV.1 TACHE ET MATERIEL	60
IV.2 RECOLTE DES DONNEES.....	62
IV.3 TECHNIQUE D'ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES.....	62
IV.4 VARIABLES	63
V. QUESTION 1 : ACCENT GRAPHIQUE CHEZ LES BIGRAPHES	65
PROBLEMATISATION	66
PARTICIPANTS.....	66
HABITUDES D'ECRITURE	67
V.1 QUESTION 1A : EXISTE-T-IL UN ACCENT ARABE CHEZ LES LIBANAIS QUI ECRIVENT EN FRANÇAIS ?	69
V.1.1 Comparaison des mots français écrits par les Libanais et les Français	69
V.1.2 Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français : Groupe Libanais Vs Groupe Français.....	73
V.2 QUESTION 1B : EXISTE-T-IL UN ACCENT FRANÇAIS CHEZ LES LIBANAIS QUI ECRIVENT EN ARABE ?	74
V.2.1 Comparaison des mots arabes écrits par les Libanais et les Syriens.....	74
V.2.2 Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots arabes : Groupe Libanais Vs Groupe Syriens.....	77
V.3 DISCUSSION	78
VI. QUESTION 2 : PERCEPTION DE L'ACCENT GRAPHIQUE PAR LE LECTEUR	83

PROBLEMATISATION	83
PARTICIPANTS.....	83
MATERIEL.....	84
TACHE DES LECTEURS	84
RECOLTE DES DONNEES.....	84
TECHNIQUES D'ANALYSE STATISTIQUES	84
RESULTATS.....	85
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	87
VII. QUESTION 3 : TENUE DU STYLO ET SYSTEME GRAPHIQUE.....	89
PROBLEMATISATION	92
PARTICIPANTS.....	93
VII.1 QUESTION 3A : EST-CE QUE LA TENUE DU STYLO DIFFERE QUAND ON ECRIT DE GAUCHE A DROITE ET DE DROITE A GAUCHE ?	94
<i>VII.1.1 Comparaison entre droitiers Français et Syriens</i>	<i>94</i>
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	96
VII.2 QUESTION 3B : COMMENT LES BIGRAPHS S'ADAPTENT-ILS LORSQU'ILS ECRIVENT EN FRANÇAIS VERSUS EN ARABE ?.....	97
<i>VII.2.1 Comparaison des Libanais droitiers quand ils écrivent les mots arabes et français</i>	<i>97</i>
VII.3 QUESTION 3C : EST-CE QUE LE BIGRAPHISME LUI-MEME A UN IMPACT SUR LA TENUE DU STYLO ?	98
<i>VII.3.1 Question 3c' : Dans le système graphique latin?</i>	<i>98</i>
Comparaison entre droitiers Libanais et Français lors de l'écriture du français.....	98
<i>VII.3.2 Question 3c'' : Dans le système graphique arabe ?</i>	<i>99</i>
Comparaison entre droitiers Libanais et Syriens lors de l'écriture de l'arabe.....	99
VII.4 SYNTHESE DES RESULTATS DE LA QUESTION 3 SUR LES ANGLES DU STYLO.....	101
VIII. QUESTION 4 : SENS D'ECRITURE ET LATERALITE MANUELLE	103
VIII.1 COORDINATION MOTRICE ET TRACES PREFERENTIELS.....	103
<i>VIII.1.1 Le modèle oscillatoire de Hollerbach (1981).....</i>	<i>104</i>
<i>VIII.1.2 Approche dynamique de la coordination graphomotrice</i>	<i>106</i>
<i>VIII.1.3 Tracés préférentiels</i>	<i>107</i>
VIII.2 LES MOUVEMENTS D'ECRITURE SELON LA LATERALITE MANUELLE	111
<i>VIII.2.1 La latéralité manuelle</i>	<i>111</i>
<i>VIII.2.2 Latéralité manuelle et qualité de l'écriture.....</i>	<i>114</i>
<i>VIII.2.3 Ecriture en miroir et dominance manuelle.....</i>	<i>115</i>
<i>VIII.2.4 Système graphique et contraintes liées à la dominance manuelle.....</i>	<i>117</i>
<i>VIII.2.5 Pourquoi s'attendre à des interférences entre la latéralité manuelle et les deux systèmes graphiques arabe et latin ?</i>	<i>118</i>
PROBLEMATISATION	119
HABITUDES D'ECRITURE	120
VIII.3 QUESTION 4A. ETUDE DE LA LATERALITE MANUELLE EN FRANÇAIS	121
<i>VIII.3.1 Question 4a' : Les Français droitiers écrivent-ils mieux que les Français gauchers ?.....</i>	<i>121</i>
Participants	121
Comparaison des mots français chez les monographes droitiers et gauchers	122
Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français chez les Français droitiers et gauchers	125
<i>VIII.3.2 Question 4a'' : Les Libanais droitiers écrivent-ils mieux que les Libanais gauchers ?</i>	<i>126</i>
Problématisation	126
Participants	126
Comparaison de l'écriture des mots français chez les adultes Libanais droitiers et gauchers à posture droite	127
Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français : Groupe Libanais droitiers Vs Groupe Libanais gauchers	130
VIII.4 QUESTION 4B. ETUDE DE LA LATERALITE MANUELLE EN ARABE	131
PROBLEMATISATION	131
PARTICIPANTS.....	131
<i>Comparaison de l'écriture des mots arabes chez les Libanais droitiers et gauchers à posture droite</i>	<i>132</i>
SYNTHESE DES RESULTATS RELATIFS A L'ECRITURE DES MOTS ARABES : GROUPE LIBANAIS DROITIERS VS GROUPE LIBANAIS GAUCHERS	135
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	135

IX. QUESTION 5 : ACCENT GRAPHIQUE CHEZ LES GAUCHERS	137
PARTICIPANTS.....	137
IX.1 Comparaison de l'écriture des mots français chez les gauchers Français et Libanais à posture droite	138
Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français : Groupe Libanais gauchers Vs Groupe Français gauchers- posture droite	141
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	141
X. QUESTION 6 : TENUE DU STYLO CHEZ LES GAUCHERS.....	144
PROBLEMATISATION	144
X.1 QUESTION 6A : COMMENT LES GAUCHERS LIBANAIS ADAPTENT-ILS LEUR POSITION DE STYLO QUAND ILS ECRIVENT DANS LES DEUX SYSTEMES GRAPHIQUES ?	146
PARTICIPANTS.....	146
X.1.1 Comparaison de la tenue du stylo des Libanais gauchers lors de l'écriture de mots français et arabe	146
X.2 QUESTION 6B : COMMENT LES GAUCHERS LIBANAIS TIENNENT-ILS LEUR STYLO RELATIVEMENT AUX GAUCHERS FRANÇAIS ?	148
PARTICIPANTS.....	148
X.2.1 Comparaison de la tenue du stylo chez les scripteurs gauchers libanais et français	148
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	149
XI. QUESTION 7 : POSTURE INVERSEE CHEZ LES MONOGRAPHEES	152
PROBLEMATISATION	152
PARTICIPANTS.....	153
XI.1 Comparaison de l'écriture des mots français chez les adultes Français gauchers à posture droite et ceux à posture inversée.....	154
Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français chez les Français gauchers à posture droite et à posture inversée.....	157
Comparaison de l'écriture des mots arabes chez les adultes Syriens droitiers à posture droite et ceux à posture inversée.....	158
Participants	158
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	159
XII. QUESTION 8 : EXISTE-T-IL UNE CORRELATION ENTRE LES VARIABLES RELATIVES A LA TENUE DU STYLO ET CELLES RELATIVES AUX CHANGEMENTS D'ECRITURE ENGENDRES PAR LE BIGRAPHISME ?	160
PROBLEMATISATION	160
XII.1 QUESTION 8A- LA DILATATION HORIZONTALE DE L'ECRITURE DES LIBANAIS EST-ELLE LIEE A LEUR ORIENTATION DIFFERENTE DE CELLE DES FRANÇAIS ?	160
PARTICIPANTS.....	160
Corrélation entre l'orientation du stylo et la largeur du tracé chez les Français et Libanais droitiers et chez les Français et Libanais gauchers	161
XII.2 QUESTION 8B- LA DILATATION VERTICALE DE L'ECRITURE EN ARABE DES LIBANAIS EST-ELLE LIEE A LEUR ORIENTATION DIFFERENTE DE CELLE DES SYRIENS ?	161
PARTICIPANTS.....	161
Corrélation entre l'orientation du stylo et la hauteur du tracé chez les Syriens et Libanais droitiers	162
DISCUSSION INTERMEDIAIRE	162
XIII. DISCUSSION GENERALE	163
CONCLUSION.....	166
PERSPECTIVES.....	168
BIBLIOGRAPHIE.....	172
ANNEXES	194
ANNEXE A : : EXEMPLE DE L'ÉCHELLE D'ÉVALUATION RAPIDE DE L'ÉCRITURE BHK-ADO RÉALISÉE PAR UN PARTICIPANT LIBANAIS DROITIER	194

ANNEXE B: EXEMPLE DU SOULLAM TAKYIM AL KATIBA AL ARABIYA-STAKIA REALISEE PAR UN PARTICIPANT LIBANAIS DROITIER	195
ANNEXE C: QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX PARTICIPANTS LIBANAIS CONCERNANT LEURS HABITUDES D'ECRIURE DE L'ARABE ET DU FRANÇAIS.....	196
ANNEXE D: INVENTAIRE DE LATERALITE D'EDINBURGH.....	198
ANNEXE E: ACCORD DU COMITE D'ETHIQUE ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE.....	199
ANNEXE F: FICHE DE NOTATION (REPLIEE PAR L'EXAMINATEUR)	201
ANNEXE G : RECONNAISSANCE DES SCRIPTEURS EFFECTUEE PAR LES LECTEURS	203
ANNEXE H : ILLUSTRATION DE L'ORIENTATION DU STYLO CHEZ LES SCRIPTEURS DROITIERS	204
ANNEXE I : EXEMPLE DE L'ÉCHELLE D'ÉVALUATION RAPIDE DE L'ÉCRITURE BHK-ADO REALISEE PAR UN PARTICIPANT LIBANAIS GAUCHER (SOPPELSA & ALBARET, 2013)	206
ANNEXE J : EXEMPLE DU SOULLAM TAKYIM AL KATIBA AL ARABIYA-STAKIA REALISEE PAR UN PARTICIPANT LIBANAIS GAUCHER (MATTABABEID ET COLL., SOUMIS)	207
ANNEXE K : ILLUSTRATION DE L'ORIENTATION DU STYLO CHEZ LES SCRIPTEURS GAUCHERS.....	208

Liste des tableaux

Tableau 1 : Distinction des termes en fonction du système d'écriture et de la langue utilisée	20
Tableau 2: Répartition des lettres minuscules selon leur orientation (à droite versus à gauche)	26
Tableau 3 : Les premiers modèles de l'écriture arabe	28
Tableau 4: Variante de la lettre « hā »	31
Tableau 5: Regroupement des lettres latines cursives sur la base de l'isomorphisme des mouvements	41
Tableau 6: Regroupement des lettres arabes sur la base de l'isomorphisme des mouvements.....	42
Tableau 7: Historique de l'évolution de la direction de l'écriture en fonction des systèmes graphiques	48
Tableau 8: Exemples de lettres semblables au niveau de la forme basique mais différentes au niveau du sens d'orientation	52
Tableau 9: Présentation des 5 mots arabes et des 5 mots français du protocole	60
Tableau 10: Récapitulatif des caractéristiques de la population	68
Tableau 11: Fréquence d'inscription aux tests d'écriture en fonction de la population	69
Tableau 12: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture pour les mots français.....	73
Tableau 13: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture pour les mots arabes.....	77
Tableau 14: Pourcentage de reconnaissance des scripteurs par les lecteurs	85
Tableau 15: Angles du stylo chez les Syriens et les Français.....	95
Tableau 16: Angles du stylo chez les Libanais quand ils écrivent en arabe et en français.....	97
Tableau 17: Angles du stylo chez les Libanais et les Français.....	99
Tableau 18: Angles du stylo chez les Syriens et les Libanais	100
Tableau 19: Habitudes d'écriture des scripteurs.....	120
Tableau 20: Fréquence d'inscription aux tests d'écriture en fonction de la population	121
Tableau 21 : Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Français droitiers et gauchers.....	125
Tableau 22: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français.....	130
Tableau 23: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots arabes chez les Libanais droitiers et gauchers	135
Tableau 24: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français	141
Tableau 25 : Angles de tenue du stylo chez les Libanais gauchers lors de l'écriture de mots français et arabe.....	147
Tableau 26: Angles de tenue du stylo chez les adultes gauchers à posture droite Libanais et Français	149
Tableau 27 : Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Français gauchers à posture droite et ceux à posture inversée	157
Tableau 28: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots arabes chez les Syriens droitiers à posture droite et posture inversée.....	159

Liste des figures

Figure 1: Segments basiques de l'écriture latine cursive (Edelman & Flash, 1987)	26
Figure 2: Segments basiques de l'écriture arabe	29
Figure 3: Illustration de différents mots constitués de la même racine (image inspirée de Alef Kacem, 2017. Contribution à la caractérisation et la reconnaissance de l'écriture arabe dans ses différentes formes.	29
Figure 4: Les 21 lettres arabes qui changent de formes	30
Figure 5: Les six lettres qui possèdent uniquement deux formes.....	30
Figure 6: Les deux lettres qui ne changent pas de forme.....	30
Figure 7: Variations de la forme des lettres arabes en fonction de leurs positions dans le mot.....	31
Figure 8: Représentation schématique des processus centraux et périphériques lors de la copie de mots (adapté de Ellis & Young, 1988, cité dans Albaret et coll., 2013).....	33
Figure 9: Exemple de décomposition des lettres ڤ ڤ (source : Farran, H., (2015). Architecture of the Arabic letters in motion. Liban : dar onboz).....	43
Figure 10: Position du scribe sous l'Antiquité. La statue du « Scribe accroupi » (Tiré de Damiani, 2018)	45
Figure 11: Présentation de la population générale.....	58
Figure 12: Description des variables spatiales calculées à partir des enregistrements pour le mot 'djà' . Hauteur, largeur, longueur du tracé et longueur des levers entre le début (start) S et la fin (end) du mot	63
Figure 13: Exemple d'interférence de l'arabe sur le français lors de l'écriture du BHK chez un enfant bigraphe français-arabe (tiré de Alary & Brun, 2017).....	65
Figure 14: Présentation de la population de la question 1	67
Figure 15: Répartition des pourcentages de motivation chez les Libanais en fonction des systèmes graphiques	68
Figure 16: Illustration des mots français écrits par des droitiers Libanais et Français.	70
Figure 17: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes de Libanais et de Français.	70
Figure 18: Illustration des levers effectués par des droitiers Libanais et Français.	72
Figure 19: Nombre moyen de levers pour chacun des mots français et pour les deux groupes de Libanais et de Français.....	72
Figure 20: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots arabes et pour les deux groupes de Libanais et de Syriens.....	74
Figure 21: Illustration du mot « /ʔassuħijja/- الصّحِيّة » écrit par un scripteur libanais (à gauche) et par un scripteur syrien (à droite).....	75
Figure 22: Illustration de mots arabes écrits par des droitiers Libanais et Syriens.	75
Figure 23: Vitesse moyenne de tracé pour chacun des mots arabes et pour les deux groupes de Libanais et de Syriens.....	76
Figure 24: « Structure spatiale » de mots français et arabes.	78
Figure 25: Reconnaissance des scripteurs Libanais et Français par les lecteurs Libanais et Français	86
Figure 26: 7ème phrase du BHK-Ado, écrite par un scripteur Libanais.....	87
Figure 27: 7ème phrase du BHK-Ado, écrite par un scripteur Français	87
Figure 28: Classification des prises : 1. prise tripode ; 2. prise latérale ; 3. prise tridigitale ; 4. prises quadridigitale (tiré de Albaret et coll., 2013).....	89
Figure 29: Présentation de la population de la question 3.	93
Figure 30: Représentation graphique de L'Azimut (orientation du stylet).....	94
Figure 31: Représentation graphique de l'Altitude (élévation ou tilt).	94
Figure 32: Orientation du stylo chez les droitiers Syriens dans l'écriture des mots arabes (en bleu) et Français (en rouge) dans l'écriture des mots français.	95
Figure 33: Orientation du stylo chez les droitiers Libanais quand ils écrivent en arabe (en vert) et en français (en noir).	97
Figure 34: Orientation du stylo chez les droitiers Libanais (en noir) et Français (en rouge) - dans l'écriture des mots français.	98
Figure 35: Orientation du stylo chez les droitiers Libanais (en vert) et Syriens (en bleu) dans l'écriture des mots arabes.	99
Figure 36: Orientation du stylo des 3 groupes dans les 4 conditions. En bleu : Syriens qui écrivent en arabe (174°), en vert : Libanais qui écrivent en arabe (176°) ; en noir : Libanais qui écrivent en français (168°) ; en rouge : Français qui écrivent en français.	101

Figure 37: Exemples de formes générées à partir du modèle de Hollerbach (1981) selon la modulation de la phase relative	105
Figure 38: Effet de la modulation de l'amplitude des oscillations dans la génération de courtes et de longues lettres (Hollerbach, 1981). En dessus de l'écriture, la courbe A indique la vitesse verticale, la courbe B la vitesse horizontale	105
Figure 39: Les composantes X, Y des déplacements du stylo et les composantes biomécaniques X', Y' (Dooijes, 1983).....	106
Figure 40: Orientations préférentielles de droitiers et de gauchers (extrait de van Sommers, 1984)	108
Figure 41: Directions des ellipses chez l'échantillon examiné (Dounskaïa et al., 2000).....	108
Figure 42: Traits dessinés par des participants droitiers et gauchers (d'après Dounskaïa et coll., 2000)	110
Figure 43: Sens de rotation des lettres arabes.....	118
Figure 44: Présentation de la population de la question 4a'	122
Figure 45: Vitesse moyenne de tracé pour les 5 mots chez les Français droitiers et gauchers.	124
Figure 46: Présentation de la population de la question 4a''	126
Figure 47: Illustration des mots français écrits par des Libanais gauchers et droitiers	127
Figure 48: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes de Libanais (droitiers et gauchers).....	127
Figure 49: Présentation de la population de la question 4b	131
Figure 50: Illustration des mots arabes écrits par des Libanais droitiers et gauchers	132
Figure 51: Durée moyenne des traits pour chacun des mots arabes et pour les deux groupes de Libanais.	133
Figure 52: Présentation de la population de la question 5	137
Figure 53: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes.	138
Figure 54: Illustration des mots français écrits par des gauchers Libanais et Français.	139
Figure 55: Longueur moyenne des Tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes.	139
Figure 56: Distributions des scores composites de posture de la main selon le sexe (Bryson & MacDonald, 1984).	145
Figure 57: Présentation de la population de la question 6a	146
Figure 58: Orientation du stylo chez les gauchers Libanais lors de l'écriture de l'arabe (en bleu) et du français (en marron).....	147
Figure 59: Présentation de la population de la question 6b	148
Figure 60: Orientation du stylo chez les gauchers Français (en mauve) et Libanais (en marron) pour l'écriture des mots français.....	149
Figure 61: Orientation du stylo chez les gauchers Français (en mauve), Libanais gauchers- mots français (en marron) et Libanais gauchers- mots arabe (en bleu).....	150
Figure 62: Postures manuelles inversées et droite (tiré de Lagrange- Ourliac, 2014)	153
Figure 63: Présentation de la population de scripteurs monographes gauchers français.....	154
Figure 64: Présentation de la population de scripteurs monographes droitiers arabes	158
Figure 65: Présentation de la population de la question 8a	161
Figure 66: Présentation de la population de la question 8b	162

Liste des abréviations

CRDP : Centre de Recherches et de Développement Pédagogique

PMG : Programme Moteur Généralisé

TR : Temps de Réaction

PAW: Piece of an Arabic Word

S.G: Système graphique

DDL : Degré de liberté

D : Droitier(s)

G : Gaucher(s)

INTRODUCTION GENERALE

Dans la majorité des cultures occidentales, même si les langues parlées diffèrent, le système graphique utilisé pour les transmettre par écrit est le même : il est basé sur le système alphabétique latin. En général, l'apprentissage d'une seconde langue ne s'accompagne pas de l'apprentissage d'un nouveau système graphique et les individus, lorsqu'ils sont bilingues, restent monograpes. Dans certains pays, la situation n'est pas aussi simple : apprendre deux langues implique la maîtrise de deux systèmes graphiques (SG) différents. C'est le cas de la majorité des pays arabophones, comme le Liban.

Alors qu'un nombre croissant de pays est confronté à ces situations pour des raisons diverses (économiques, socio-démographiques, politiques, culturelles), les études concernant l'influence du bigraphisme sur l'acquisition de l'écriture sont quasi- inexistantes. La question se pose dans un contexte de bilinguisme arabo-français où on lit et écrit dans les deux SG, dans la vie scolaire et professionnelle. Il est important de noter que, dans leur écrasante majorité, ces études sur le bilinguisme ont porté sur des langues occidentales. Les modèles théoriques qui expliquent le processus d'écriture dans le SG latin sont également nombreux. La langue arabe a été peu étudiée d'une façon générale et encore moins dans le contexte du bilinguisme. Les études de psychologie expérimentale ou de neurosciences portant sur la lecture de l'arabe sont éparpillées et que dire de celles portant sur l'écriture de l'arabe qui sont quasiment inexistantes (Younes-Harb, Matta-Abizeid, Albaret & Velay, 2018). Nous ne connaissons ainsi que très peu de choses sur le SG arabe.

Les Libanais bilingues maîtrisent deux codes graphiques relatifs à deux systèmes d'écriture distincts : l'arabe et le latin (le français ou l'anglais). En effet, le système éducatif libanais présente la particularité d'être structurellement bilingue : tous les établissements, depuis le préscolaire jusqu'à l'université, proposent un enseignement bilingue arabo-français (pour la majorité d'entre eux) ou arabo-anglais. En 2016, selon le Centre de Recherches et de Développement Pédagogique (CRDP), sur une population scolaire totale de 1 038 738 élèves, 555 490 élèves (soit 53,5%) sont insérés dans les établissements bilingues arabo-français. L'apprentissage des SG arabe et latin est concomitant et c'est la politique éducative adoptée par les écoles qui détermine la fréquence de production de chacun de ces SG. Les exigences universitaires et professionnelles favorisent ultérieurement la dominance d'une langue sur l'autre. Les adultes Libanais connaissent par conséquent deux langues et sont confrontés à deux SG différents.

Quelles nouvelles questions cette situation de bilinguisme/bigraphisme fait- elle émerger ?

➤ Des questions de recherche fondamentale

Les principes qui ont guidé la recherche relative aux mécanismes cognitifs et cérébraux impliqués dans le langage sont à reformuler dans cette situation où deux langages, parfois davantage, sont maîtrisés par les mêmes individus. Comment leur cerveau gère-t-il la coexistence de deux SG, donc de deux répertoires lexicaux, grammaticaux, syntaxiques,...et peut-être moteurs. Y-a-t'il une indépendance complète entre ces différents SG, ou bien des

interférences peuvent-elles apparaître à certains niveaux de traitements ? Est-ce que les modèles théoriques du SG latin sont applicables pour l'écriture du SG arabe ?

➤ Des questions de recherche clinique

En tant que thérapeute, nous faisons face dans la rééducation de l'écriture des enfants et des adultes libanais bigraphes à une absence de données probantes qui peuvent nous guider dans nos interventions. Dans la littérature, les données relatives à l'écriture des monographes dans le SG latin sont relativement bien documentées ; les modèles théoriques sont riches (e.g., Olive, 2014) permettant par conséquent une pratique clinique valide et adossée sur un savoir scientifique. Alors que les écrits scientifiques concernant le SG arabe sont peu nombreux. Est-ce qu'on rééduque de la même manière les personnes qui écrivent le français et les personnes qui écrivent l'arabe ?

➤ Des questions d'ordre pédagogique

Une autre question se pose concernant l'enseignement de l'écriture dans le contexte libanais. Alors que les méthodes d'enseignement de l'écriture sont claires dans le système éducatif français, les éducateurs libanais se trouvent face à une rareté de données disponibles concernant d'une part les processus d'enseignement qu'il faut adopter pour assurer un apprentissage optimal de chaque SG et d'autre part concernant les conséquences de cet apprentissage concomitant à court et à long terme. Est-ce efficace d'apprendre le SG arabe et latin simultanément en bas âge ? Serait-il plus judicieux de proposer l'enseignement (et donc la maîtrise) d'un SG avant un autre ? Si oui, lequel serait le plus pertinent à enseigner dans un premier temps ?

Ce travail de thèse est consacré à la maîtrise de deux SG sur le plan graphomoteur chez des adultes libanais bigraphes arabo-français et plus particulièrement aux éventuelles interactions qui pourraient exister entre ces deux SG.

L'enjeu d'une thèse est de synthétiser l'ensemble des réflexions qui ont émané au fur et à mesure de ces années de travail. Contrairement au format conventionnel de la rédaction de thèse (une partie introductive, une partie expérimentale et une discussion générale), nous avons volontairement décidé de mettre en exergue le déroulement de l'ensemble des huit questions de recherche qui se sont posées au cours de cette thèse avec le souci d'apporter la réponse expérimentale à la suite de chacune de ces questions.

En conséquence, après l'introduction, nous exposerons les réflexions qui sont présentes dans la littérature quant à la situation où deux langues écrites coexistent dans une même culture. Ces études ont principalement été conduites dans le domaine de la sociolinguistique et elles ont permis de préciser les cadres généraux et de définir les concepts principaux. Ensuite, nous focaliserons notre intérêt sur le contexte culturel arabo-français impliquant chez les Libanais des compétences au niveau de deux aspects : d'abord, l'aspect langagier relatif à la connaissance plus ou moins aisée de l'arabe et du français à l'oral et à l'écrit ; ensuite l'aspect graphique relatif à la maîtrise de deux SG assez divergents.

La suite de ce manuscrit sera structurée de la manière suivante : une question spécifique problématisée, une description de la méthode expérimentale relative à cette question, une

présentation des résultats et une discussion intermédiaire qui permettra d'introduire la question de recherche suivante.

I. CADRE THEORIQUE

I.1 PRESENTATION DE LA NOTION GENERALE DE BIGRAPHISME : CHOIX DU TERME ET DEFINITION

Nous exposerons rapidement, dans ce qui suit les différents concepts évoqués par les sociolinguistes pour faire référence au contexte culturel dans lequel deux SG coexistent. Ensuite nous tenterons de proposer une définition du concept de « bigraphisme » qui nous paraît le plus adapté à la situation libanaise et à la question que nous posons dans cette thèse, tout en nous appuyant sur le bilinguisme et sur les modèles neuropsychologiques du langage.

Dans la littérature, peu nombreuses sont les études sur les situations sociolinguistiques qui mettent en relief la coexistence et les éventuelles interactions de deux ou plusieurs systèmes d'écriture au sein d'une même langue (Androutsopoulos, 2020 ; Bunčić, Antipova, Brandt, Kislova & Klöter, 2016 ; di Rodeano, 2019 ; Usanova, 2019). Encore plus rares sont les études des interactions entre deux SG différents utilisés par une même personne. Des dénominations pour ces phénomènes ont été proposées depuis le 19^{ème} siècle, toutefois, la terminologie qui a été utilisée pour décrire ces situations est assez hétérogène, ne permettant aucune mise en place d'une classification pour aborder ces concepts. Parmi les termes proposés, nous notons : la digraphie, la « *biscriptu(r)ality* » (terme anglais), le bigraphisme, la « *biscriptality* » (terme anglais), le « *bialphabetic* » (terme anglais), la multiscriptalité, le multi-alphabétisme. Lequel de ces termes est le plus approprié pour décrire la situation des Libanais bilingues arabo-français dans laquelle deux langues ainsi que deux SG sont utilisés simultanément ? Afin de répondre à cette question, nous survolerons rapidement chacun de ces termes.

En répertoriant les adjectifs qui ont été utilisés pour les documents biscriptaux, Bunčić *et coll.* (2016) ont distingué trois phénomènes distincts présentant des similitudes intrigantes mais aussi des différences révélatrices: le premier phénomène est la digraphie, qui trouve son origine dans la philologie grecque ; le deuxième est le « *zweischriftig* » et sa traduction anglaise *biscriptu(r)al*, qui est issue de la numismatique ; et le troisième est la bigraphie, qui a son origine dans les études américaines et asiatiques anciennes.

Depuis le 19^{ème} siècle, le terme de digraphie a été attribué à l'habitude d'écrire une inscription dans deux SG¹ différents mais dans une même et unique langue (Barth, cité dans Bergaigne, 1882 : 348- 349 ; Pierides, 1875 : 38). Plus récemment, Zima (1974) et Hegyi (1979) adoptent le même terme « digraphie » dans la même acception, pour décrire la situation d'utilisation de deux (ou plus) SG pour représenter une seule langue (ou des variétés de celle-ci) ; chaque script ayant une finalité fonctionnelle différente. C'est le cas par exemple de la langue espagnole qui a été écrite avec l'alphabet arabe durant la période de propagation de l'Islam (phénomène *Aljamiado*). Dale (1980, cité dans Strnad, 2018), DeFrancis (1984) et Bachner (2016) élargissent encore plus le champ d'application du terme digraphie en y incluant

¹ Par système graphique, nous entendons l'ensemble de signes d'écriture permettant la communication des idées d'une langue donnée. Ce qui diffère de la fonte d'écriture qui se limite à la variation de poids et de taille des caractères.

des changements de SG, et distinguent la « digraphie synchronique » (plus d'un SG utilisés simultanément pour la même langue) de la « digraphie diachronique » (plus d'un SG utilisés pour une langue donnée pendant des périodes successives) ». En 2016, Bunčić *et coll.* utilisent le terme « *biscriptality* » comme un synonyme du terme « digraphie synchronique » ; la « *biscriptality* » étant l'utilisation simultanée de deux (ou plus) SG dans une seule langue. Il y a un consensus au niveau du sens du terme « digraphie » qui a toujours été utilisé pour indiquer une situation dans laquelle une seule et même langue est écrite dans deux scripts différents pour des fins fonctionnelles différentes.

Quant au terme « *biscriptu(r)al* », il a été utilisé par Mahajan (1962, cité dans Bunčić *et coll.*, 2016) pour décrire la présence simultanée, sur les pièces de monnaie indiennes, des inscriptions grecques dans l'alphabet grec sur une face et des inscriptions en Pali dans l'écriture Kharoṣṭhī sur l'autre. Usanova (2019) postule que le terme « *biscriptu(r)al* » est appliqué exactement pour le contexte de deux scripts et de deux langues. Ainsi, le terme « *biscriptu(r)al* » nous permet de distinguer entre les bilingues confrontés à un script et les bilingues confrontés à deux scripts différents (Hornberger & Skilton-Sylvester, 2000). Par conséquent, ce terme décrit les bilingues qui peuvent utiliser un ou les deux scripts pour écrire (ou lire) un texte dans une ou les deux langues. Usanova (2019) emploie le terme de « *biscriptu(r)ality* » surtout dans le contexte de migration et présuppose que dans le cadre de « *biscriptu(r)ality* » les enfants sont capables de puiser dans toutes les ressources linguistiques dont ils disposent pour produire des textes dans différentes langues et scripts, dans le but de parvenir à une meilleure communication à l'écrit. Ainsi, les bilingues peuvent, par exemple, mélanger les deux scripts (et/ou les deux langues) à l'écrit (dans un même texte) en fonction de la compétence de la personne dans les deux langues.

Qu'est-ce que le bigraphisme ?

Le terme de « Bigraphisme » n'a pas été abordé de manière univoque par les sociolinguistes. Pour Bunčić *et coll.* (2016), le bigraphisme, comme la digraphie, décrit la coexistence de deux scripts pour une même langue. Toutefois, à la différence de la digraphie, il est impossible dans le cadre du bigraphisme de regrouper les textes dans des catégories fonctionnelles. De plus, dans le bigraphisme, chaque texte n'est écrit qu'avec un seul script. Pour Bachner (2016), le bigraphisme est défini comme une situation inégale de bilinguisme impliquant deux scripts différents. Dans ce travail de thèse, nous adopterons la définition de bigraphisme telle que donnée par Bachner et nous y ajouterons quelques précisions.

La raison principale est d'ordre étymologique. En effet, la racine « script » du mot « *biscriptu(r)ality* » renvoie à une liste de formes et de signes graphiques permettant de représenter les systèmes d'écriture. En d'autres termes, la racine script évoque la forme statique de la lettre. Alors que la racine « graph » qui provient du grec ancien « graphein » (« écrire ») évoque le geste, le mouvement qui permet de produire la forme. Ainsi, si le terme script est utilisé comme étant un ensemble de marques et de formes permettant la représentation visuelle de la communication verbale, il ne met pas en relief les mouvements graphiques qui sont requis

pour la composition des SG. Il nous semble alors que le terme « graphie », qui est l'unité graphique minimale entrant dans la composition des SG de chaque langue (Crystal, 1999), serait plus approprié pour mettre en évidence les mouvements graphiques et leurs directions ; ces deux derniers étant des éléments impliqués dans la production des SG.

En s'étayant sur les critères relatifs au bilinguisme (Grech & McLeod, 2012) qui caractérisent les différentes définitions du bilinguisme proposées au fil du temps (l'âge et les conditions temporelles d'acquisition de chaque langue, le degré de compétence atteint dans chaque langue, les domaines de connaissance et d'utilisation des langues, la dominance d'une langue au sein de la communauté d'appartenance), nous proposons dans ce qui suit une définition du bigraphisme qui inclut plusieurs critères :

- Le phénomène de bigraphisme décrit l'aspect graphique d'un contexte culturel où deux langues et deux SG sont utilisés. Ainsi, le sujet bigraphe est capable de produire à l'écrit un texte avec le SG relatif à la langue utilisée. L'utilisation de chaque SG dépend du contexte dans lequel se trouve le sujet (scolaire, universitaire, professionnel, etc.) ;

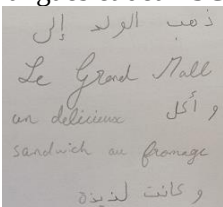
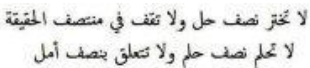
- Le bigraphisme requiert la connaissance de deux SG indépendamment de la fréquence de production graphique des deux langues, d'une part. D'autre part, il nécessite des compétences langagières dans les deux langues en lecture et en écriture ;

- Il existe des différences culturelles et éducatives quant aux conditions d'apprentissage des deux SG, cet apprentissage pouvant être simultané ou bien différé/ successif. Il en découle une distinction entre le bigraphisme dit « simultané » (où il existe un développement parallèle et concomitant de deux SG différents ; ceci se met d'habitude en place à l'entrée en école maternelle ou primaire) et le bigraphisme dit « successif » (où il existe un développement consécutif de deux SG : l'acquisition du second SG se fait à l'adolescence ou à l'âge adulte) ;

- La fréquence d'inscription dans une langue dominante peut s'affaiblir au profit de l'autre langue, et ce, en fonction du vécu du sujet. En effet, cette variation dans la fréquence de production graphique est tributaire des situations dans lesquelles les sujets bigraphes sont amenés à utiliser ces SG. Nous faisons référence essentiellement aux exigences de la vie personnelle d'une part et de la vie professionnelle d'autre part, qui induisent l'utilisation préférentielle de l'un des deux SG. Par conséquent, des différences apparaissent au niveau de la nature des mots écrits dans chaque système graphique, voire au niveau des champs lexicaux sollicités dans chacun de ces systèmes : Certains mots sont écrits uniquement dans la langue professionnelle et d'autres dans la langue familière ou personnelle.

En se basant sur les critères susmentionnés, nous pouvons citer différents exemples de bigraphisme sur la planète. Dans différents pays, le contexte culturel implique deux langues avec deux SG différents, enseignés dans les écoles dès le bas âge. Il s'agit de l'Ourdou et de l'anglais au Pakistan, chacune de ces langues étant écrites avec un alphabet différent (perso-arabe pour l'Ourdou et latin pour l'anglais) ; de l'Hindi (avec la devanagari comme système graphique) et de l'anglais (SG latin) en Inde ; du français (SG latin) et de l'arabe (SG arabe) à Djibouti, en Mauritanie et au Tchad. Le tableau 1 résume les particularités des différents termes distinguant les relations entre SG et langue.

Tableau 1 : Distinction des termes en fonction du système d'écriture et de la langue utilisée

Digraphie	Biscriptu(r)al	Bigraphisme
1 langue Vs 2 SG	Mélange de 2 langues et de 2 scripts	Connaissance de 2 langues et de 2 SG + Ecriture d'un texte avec la langue et le SG correspondant
Exemple : Titre en langue espagnol écrit avec le SG arabe  Espagnol : El principito Aljamiado : ال برنثيت	Exemple : Texte mélangeant deux langues et deux SG 	Exemples : Textes écrits en arabe et en français J'ai voulu approcher l'écriture telle qu'on la pratiquait encore dans les années 60. 

I.1.1 Liens entre langues et systèmes graphique

Il s'avère important de mentionner que les rapports entre langues et SG sont variables. En général, écrire dans deux SG différents implique la connaissance de deux langues. Dans cette situation, les sujets bigraphes sont bilingues. Nous prenons à titre d'exemple le bilinguisme-bigraphisme français-chinois et celui français-arabe, où les sujets maîtrisent deux systèmes d'écriture différents (tant au niveau de l'alphabet que du sens de l'écriture). Boser & Brühwiler (2017) étendent le sens du terme « bigraphisme » en disant qu'il s'agit de l'écriture de deux langues avec deux polices de caractères différentes et donnent comme exemple les personnes suisses qui écrivaient le français ou l'italien en lettres latines (c.-à-d. Antiqua) alors qu'ils écrivaient l'allemand en lettres gothiques. Il en est de même pour les sujets bilingues français-anglais qui écrivent le français en cursif et l'anglais en script. Le terme de bigraphisme pourrait être appliqué dans ces cas vu que l'écriture de chacune de ces langues implique des gestes différents pour produire les différentes graphies. Toutefois, ce lien causal entre langues et SG n'est pas toujours avéré. En effet, au Japon, une même langue est régie par trois systèmes d'alphabet principaux : les kanjis, les katakanas et les hiraganas. Ainsi, les Japonais sont monolingues et multigraphes. De la même façon, mais dans une moindre mesure, les Français qui savent écrire les lettres en minuscules et en majuscules d'imprimerie peuvent être considérés comme digraphes (une langue mais deux différentes polices de caractères).

I.1.2. Un coût du bilinguisme ?

Même s'il y a un consensus général pour reconnaître que parler deux (ou plusieurs) langues est un grand avantage, social mais aussi cognitif, le bilinguisme peut aussi présenter de petits inconvénients (Cutler, Mehler, Norris, & Seguiet, 1989). Toutefois, on n'observe pas un consensus dans la communauté scientifique. Différents points de vue s'opposent. Pour certains auteurs, les effets positifs l'emportent nettement. La méta-analyse réalisée par Adesope, Lavin, Thomson & Ungerleider (2010) met en évidence un effet positif du bilinguisme sur différentes mesures cognitives telles que le contrôle attentionnel, la mémoire de travail, la conscience métalinguistique et les habiletés de représentation symbolique et abstraite. Il semblerait également que les enfants élevés en milieu bilingue, étant habitués dès leur plus jeune âge à

passer rapidement d'une langue à l'autre, développent des aptitudes particulières à alterner des activités cognitives bien au-delà du domaine linguistique (Crivello, Kuzyk, Rodrigues, Friend, Zesiger & Poulin-Dubois, 2016). Comme ils sont conduits très tôt à inhiber des mécanismes linguistiques appropriés à une langue pour utiliser ceux appropriés à la seconde, ils deviendraient des experts des processus inhibiteurs en général, ce qui les mettrait en capacité accrue pour l'alternance cognitive (*switching* des fonctions exécutives) requis dans les activités multitâches. Toutefois, ces résultats sont encore un sujet de débat dans la communauté neuroscientifique. Pour d'autres auteurs au contraire, le bilinguisme peut présenter un certain coût dans la fluidité verbale, coût qui peut être mis en évidence dans une tâche de dénomination verbale (Sadat, Martin, Alario, & Costa, 2012).

L'influence du bilinguisme sur l'acquisition du langage et l'apprentissage de la lecture fait l'objet de multiples recherches (e.g., Ebert & Kohnert, 2016 ; Meeuwis, 2011), et notamment le rapport avec les troubles du langage (Kohl, Beauquier-Maccotta, Bourgeois, Clouard & Vaivre-Douret, 2008). Un phénomène d'interférence a été noté dans le cadre du bilinguisme. Il se manifeste par le transfert d'éléments d'une langue connue vers une autre langue cible (Hamers & Blanc, 1983). Autrement dit, l'interférence est évoquée « quand un sujet bilingue utilise dans une langue-cible L2, un trait phonétique, morphologique, lexical ou syntaxique caractéristique de la langue L1 » (Mohamed, 2007). Les partisans de la théorie de l'interférence jugent que l'activation de processus relatifs à la langue non-cible affecterait ceux relatifs à la langue cible. Ainsi, lorsque les bilingues produisent un mot (et ses propriétés) dans une langue, ils activent également des mots associés (et leurs propriétés) dans la seconde langue (Hatzidaki, Branigan, & Pickering, 2011). En effet, selon Kroll, Bobb & Wodniecka (2006), les deux langues sont activées parallèlement chez le sujet bilingue en situation de production de la parole, même si le sujet ne s'exprime que dans une seule langue. Dweik (2000, cité dans Mohamed, 2007) parle d'interférences phonologiques quand un phonème de la langue cible est identifié comme un phonème de la langue maternelle, « les deux phonèmes seront dès lors reconnus et réalisés comme étant absolument identiques ». Des prononciations erronées sont par exemple retrouvées chez des sujets algériens, résultant du choix de programmes moteurs qui sont appropriés dans une langue mais pas dans l'autre. D'après Medane (2015), ces erreurs sont dues aux habitudes articulatoires de l'arabe qui ne connaissent pas certaines voyelles françaises. L'adaptation se fait en prononçant des phonèmes proches existant en arabe. Ainsi, la production de la parole dans une langue est précédée par une compétition interlangue. Il existe donc un coût du bilinguisme engendré par le fait que le bilingue qui s'exprime doit choisir entre deux répertoires phonologiques, linguistiques, grammaticaux, etc. Chez l'adulte bilingue, cela peut se traduire par un léger ralentissement dans des tâches expérimentales de dénomination rapide d'images tant dans leur langue dominante que dans la langue non-dominante (Michael & Gollan, 2005 ; Sadat *et coll.*, 2012). Chez l'enfant en cours d'apprentissage des deux langues, cela peut se traduire par des confusions, entre certains mots ou certaines tournures grammaticales, qui peuvent être momentanément préjudiciables à une scolarité optimale.

La revue de littérature réalisée par Hambly, Wren, McLeod, & Roulstone (2013) rend compte de la multiplicité des résultats en fonction des groupes étudiés et des langues en

question. Le bilinguisme s'avère ainsi constituer à la fois un avantage et un inconvénient pour les compétences langagières des individus bilingues. Il s'agit selon Goldstein & McLeod (cité par Hambly *et coll.*, 2013) de phénomènes de transfert positif et de transfert négatif, étudiés notamment chez l'enfant. Le transfert positif se réfère aux situations où les enfants bilingues se trouvent en avance dans le développement langagier par rapport à leurs pairs monolingues tandis que le transfert négatif fait écho aux situations inverses, à savoir celles où les enfants bilingues signent un retard dans le développement langagier. L'étude menée par Bialystok, Craik & Luk (2008) montre que le bilinguisme constitue un atout de par les avantages qu'il procure à la flexibilité et à la vitesse de traitement de l'information notamment au niveau de l'effet Stroop². Cependant, il engendre des inconvénients relatifs essentiellement à la lenteur et au manque de fluidité au niveau de la production verbale et de l'évocation (Michael *et coll.*, 2005).

Qu'il soit envisagé comme un avantage ou un inconvénient, le bilinguisme apporte des spécificités : le contexte culturel et environnemental peut causer une différence au niveau du développement et de l'acquisition du langage oral et écrit (Paradis, Genesee & Crago, 2011). D'une part, les processus cognitifs et cérébraux mis en jeu dans le traitement de la même langue (l'anglais par exemple) peuvent différer chez les monolingues et les bilingues. D'autre part, les processus cérébraux mis en jeu dans le traitement des deux langues peuvent différer chez les bilingues.

I.1.3 Un coût du bigraphisme ?

De la même façon qu'il existerait un certain coût du bilinguisme, existe-t-il un coût du bigraphisme ? Autrement dit, y-a-t'il des interférences entre les deux SG maîtrisés par un bigraphe ?

Des interactions entre deux SG ont été attestées depuis l'antiquité quand plusieurs systèmes d'écriture coexistaient simultanément dans le même espace géographique (« mutigrafismo assoluto »). Cavallo (1988) suppose que « le contact entre ces deux écritures ait eu pour effets des influences réciproques, ou d'influence l'une sur l'autre ». En effet, l'étude de l'apparence visuelle de l'écriture grecque dans le papyrus d'Herculanum montre que, pour les modules du 'mu' et du 'nu' en particulier, les mêmes caractéristiques typologiques de la capitale latine sont reproduites tant au niveau de l'épaisseur des traits qu'au niveau de la largeur des colonnes d'écriture. Ces variations semblent résulter d'un changement au niveau du mouvement d'écriture. Ce dernier s'avère s'articuler au niveau du coude alors que la main est plus relâchée. L'écriture grecque s'effectuerait ainsi « à la latine ». De même, des changements au niveau de l'écriture cursive ont été observés dans l'Egypte byzantine où un usage simultané des écritures grecque et latine était imposé. Il en résulte une écriture qui ne correspond totalement ni à celle grecque ni à celle latine. Les scribes finissent par adopter une solution économique en donnant à certains signes graphiques analogues ou phonétiquement assimilables un ductus (c'est-à-dire

² L'effet de Stroop est défini comme étant l'interférence que produit une information non pertinente ou parasite sur la tâche cognitive qui est en cours. Cette interférence se traduit par une augmentation du temps de réaction et une augmentation du pourcentage d'erreurs témoignant d'une difficulté à inhiber les informations non pertinentes.

un ordre, une direction et une vitesse selon lesquels on trace les traits qui composent ces signes graphiques) ou une forme identique. La modification de la forme et du ductus originels donne naissance à l'écriture greco-latine (Cavallo, 1988). Similairement, des caractéristiques graphiques propres à la majuscule grecque biblique contemporaine étaient observées en Campanie dans le langage stylistique typique de cette onciale³. Cette dernière se caractérise en effet par un épaississement très notable des traits verticaux avec un angle d'écriture de 75° (qui était avant de 35-40° environ), par un « B » avec deux panses de dimensions égales (la panse inférieure du « B » était très grosse), un « E » dont le trait médian se situe toujours au centre de la lettre (ce n'était pas le cas) et par un « T » avec une barre horizontale toujours droite (la barre du « T » était très courte et ondulée). Cavallo (1988) postule ainsi que l'acte d'écrire chez les scribes qui pratiquent deux SG devient unique et se conforme aussi bien aux deux systèmes d'écritures.

I.1.4 Comment expliquer les interférences entre deux systèmes graphiques ?

Ecrire dans deux SG nécessite de la part du sujet bigraphe de bien assimiler les codes inhérents aux SG concernés. Autrement dit, outre la connaissance du langage parlé des deux langues pour transmettre un message oral, le sujet bigraphe doit connaître l'ensemble des caractères constituant chacun des deux SG pour pouvoir les tracer et transmettre un message écrit. La maîtrise de la forme de l'ensemble des caractères, de leurs significations (nom et son qui leur est associé) mais aussi des mouvements nécessaires pour les tracer est donc requise pour chaque système graphique. Cette double fréquentation lui permet de découvrir des manières particulières pour les appréhender, les lire, les écrire. Par conséquent, des stratégies s'affinent, se complètent, se mutualisent lors du passage d'un code écrit à un autre (Duverger, 2004). Le bigraphisme pourrait présenter des inconvénients. En effet, cette situation peut rendre l'apprentissage graphomoteur complexe car le scribe doit intégrer deux SG pour être capable de les lire et les écrire. Les différences dans les formes, les courbes, les « dessins », les signes, l'utilisation de l'espace, des ponctuations, des accents, des repères typographiques⁴ et topographiques⁵ pourraient causer une gêne quant à l'assimilation simultanée de deux SG. Dans cette thèse, nous nous intéresserons particulièrement à l'écriture d'un point de vue graphomoteur dans le contexte particulier du bigraphisme.

Si des interférences entre les deux langues se produisent chez le sujet bilingue dans les processus de production de la parole (Kroll *et coll.*, 2006), nous suggérons que ce pourrait être

³ L'oniciale est une graphie particulière des alphabets latin, grec et copte utilisée du III^e au VIII^e siècle. Pour l'alphabet latin, elle a été créée à partir de la majuscule et de l'ancienne cursive romaine. Elle est caractérisée par l'arrondissement des lettres principalement A, D, E, M, donnant plus de rapidité au tracé de l'écriture.

⁴ Les repères typographiques sont des codes de lisibilité qui ont comme fonction d'assurer un maximum de clarté à un texte afin de faciliter la tâche de lecture (IDELUX, 2014). Ils concernent :

- L'usage des majuscules, de la ponctuation (les règles d'espacement), des abréviations ainsi que des chiffres et nombres.
- La mise en page d'un texte : les italiques, les graisses, etc.

⁵ La topographie est définie comme étant la description détaillée des éléments caractéristiques d'une entité et de leurs rapports spatiaux (Martinet & Rieben, 2006). Les repères topographiques indiquent la localisation d'un élément dans un ensemble d'éléments. Au niveau de l'écriture, les repères topographiques seraient la forme des lettres, leur taille, leur inclinaison, les espaces entre les lettres ou les mots, l'organisation spatiale du texte ou des lettres entre elles

également le cas chez le sujet bigraphe en phase de préparation de l'écriture. Compte tenu de l'activation parallèle des deux langues, donnant lieu à une activation simultanée des deux SG, le sujet bigraphe doit choisir les représentations graphiques relatives à la langue cible tout en veillant à ignorer celles relatives à la deuxième langue (Younes-Harb, Matta-Abizeid, Albaret & Velay, 2016).

Il existerait donc un éventuel conflit émanant des différentes représentations graphiques des deux systèmes en question. C'est ainsi que nous sommes amenés à réfléchir aux facteurs qui peuvent moduler ce phénomène d'interférence, parmi lesquels nous pouvons mentionner : la fréquence de l'usage de chacun des SG, leur contrôle cognitif, les ressemblances et les différences entre les représentations des lettres au niveau des deux SG.

I.2 LE CONTEXTE LIBANAIS

L'originalité première du système éducatif libanais réside dans le fait qu'il est bilingue puisque l'enseignement en langue étrangère (soit le français, soit l'anglais) commence dès les premières classes du préscolaire. Les enfants libanais sont capables dès la classe de CE1 d'écrire chaque langue dans le SG correspondant. Dans les écoles francophones, le programme national libanais prévoit que les matières scientifiques soient enseignées en français. Ainsi, le français est très largement une langue de scolarisation. La structure du système éducatif libanais est inspirée de l'ancien système français (Olleik, 2009) et les programmes officiels sont en grande partie calqués sur ceux des programmes français et sur les instructions officielles qui les accompagnent (Roux, 2002). L'enseignement obligatoire de l'arabe constitue une autre caractéristique du système éducatif libanais. Il s'agit essentiellement d'un enseignement de langue. L'histoire, la géographie régionale et l'éducation civique sont elles aussi assurées en arabe. L'apprentissage des SG arabe et latin est ainsi concomitant.

Dans les Cahiers de l'Association Internationale des Etudes Françaises, Hoyek (2004) postule qu'au moins 9 des 33 établissements universitaires qui exercent au Liban sont totalement ou partiellement francophones. Ces neuf établissements accueillent 73% de l'effectif national des étudiants. Parmi eux, l'Université Libanaise accueille à elle seule 60% des étudiants du pays. L'université d'état qui hérite nécessairement du système éducatif libanais enseigne les matières scientifiques en français.

Les Libanais bilingues arabo-français utilisent simultanément les deux langues (l'arabe et le français) à l'oral et à l'écrit et transcrivent chacune de ces langues avec le SG correspondant (le SG arabe pour la langue arabe et le SG latin pour la langue française). Cette situation de bilinguisme/bigraphisme est valide pour les tâches scolaires, universitaires et professionnelles.

Bien que les Libanais bilingues arabo-français soient dans le contexte culturel de deux langues et de deux scripts, ils ne mélangent pas les deux langues et les deux scripts pour écrire un même texte. Le choix du SG approprié dépend du contexte dans lequel se trouve le sujet (scolaire, universitaire, professionnel, etc.). Il s'agit bien ici d'un bigraphisme simultané vu que les Libanais ont acquis les deux SG d'une façon concomitante dès l'école maternelle.

Pour conclure, les Libanais présentent des compétences langagières dans les deux langues tant au niveau réceptif qu'au niveau expressif. Ils maîtrisent également les deux SG arabe et latin. Détail qui a son importance pour ce qui va suivre, au Liban, l'apprentissage du SG latin se fait en cursive, comme en France. C'est la liaison entre les lettres formant des syllabes et les syllabes constituant les mots qui distingue l'écriture cursive-liée de l'écriture scripte, cette dernière étant caractérisée par une juxtaposition de lettres faisant figures d'éléments géométriques simples. Nous porterons donc notre intérêt sur les caractéristiques de l'écriture cursive / liée.

I.2.1 Le système graphique latin

I.2.1.1 Les caractéristiques du système graphique latin (français)

Homogénéité de formes et formes particulières de lettres de l'écriture latine

Le SG latin partage un certain degré d'homogénéité des formes entre les lettres (Sirat, 2013). Cette homogénéité facilite l'automatisation de l'écriture puisqu'elle répond à un principe d'économie dans la programmation motrice du geste. Deux éléments principaux favorisent cette homogénéité de formes dans le SG latin :

- Les caractéristiques graphiques du répertoire limité de formes (cercles, demi-cercles, lignes et courbes). Ainsi, le SG latin est composé de 26 lettres combinant quatre segments basiques ; le crochet (comme un i cursif sans le point), la coupe (comme un v cursif), le gamma (comme un l cursif) et l'ovale (comme un o cursif) (voir figure 1). Toutes les lettres cursives peuvent être formées par la combinaison de versions pivotées, assemblées ou repropotionnées de ces segments.

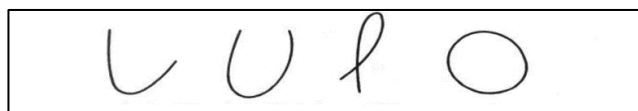


Figure 1: Segments basiques de l'écriture latine cursive (Edelman & Flash, 1987)

- La structure « hasta-coda » qui est composée d'une barre (hasta) et d'un appendice (coda) (Brekke, 1994, cité par Treiman & Kessler, 2011). De ce fait, le SG latin se caractérise principalement par deux séries de lettres : une série de lettres qui semble être orientée vers la droite car elle est composée d'une barre située à la gauche de l'appendice (ex : la lettre « p ») d'une part ; et une série de lettres qui semble être orientée vers la gauche vu qu'elle est constituée d'une barre située à la droite de l'appendice (ex : la lettre « q »), d'autre part (voir tableau 2).

Tableau 2: Répartition des lettres minuscules selon leur orientation (à droite versus à gauche)

Lettres orientées à gauche	Lettres orientées à droite
a - d - g - j - q - y - z	b - c - e - f - h - k - m - n - p - r - s

Uni-directionnalisation et direction spécifique de l'écriture française

Deux composantes directionnelles caractérisent l'écriture : la composante topocinétique et la composante morphocinétique (Paillard, 1976).

- La composante topocinétique, qui est liée à l'agencement des lettres dans l'espace graphique, est régie par l'influence de la culture qui spécifie une direction de l'écriture : elle est de gauche à droite pour les langues latines (à l'exception des mouvements de ponctuation).
- La composante morphocinétique est relative à chaque allographe et concerne la forme globale de la lettre, la position relative de ses différents éléments, indépendamment de sa position dans l'espace graphique sur lequel elle est apposée. C'est cette composante qui constitue le cœur du programme moteur que nous présenterons plus loin. Dans l'écriture

cursive, et afin de faciliter l'enchaînement des lettres, la trajectoire de tracé de lettres est alignée sur la composante topocinétique. Dans l'écriture cursive, la formation des lettres est amorcée constamment dans le même espace, tant pour les lettres tiges (b, d, f, g, h, j, k, l, p, q, t, y, z) que pour les lettres troncs (a, c, e, i, m, n, o, r, s, u, v, w, x). La formation de chaque lettre est gérée par des règles de production motrice qui représentent des constances dans la manière de tracer les traits chez les enfants et les adultes. Nous approfondirons ce point plus loin dans le texte.

Les contraintes éducatives limitent l'espace où ces lettres sont tracées (interlignes) et régulent l'horizontalité des enchaînements de caractères (lignes). Ces contraintes concernent autant la composante topocinétique que morphocinétique.

1.2.2 Le système graphique arabe

L'écriture arabe est une écriture semi-cursive qui s'inscrit horizontalement de droite à gauche. L'alphabet arabe est constitué de 29 lettres si on y inclue la « *Hamza* ». La majorité des lettres arabes sont interconnectées entre elles au sein d'un même mot alors que d'autres, considérées comme isolées, ne peuvent qu'être séparées des autres divisant le mot en plusieurs morceaux appelés « sous-mots » (PAW : *Piece of an Arabic Word*). Ainsi, le SG arabe est considéré comme étant un système semi-cursif. Nous présenterons dans ce qui suit un aperçu sur l'évolution de l'écriture arabe, ses caractéristiques et les programmes moteurs nécessaires pour la production de l'écriture.

1.2.2.1 L'origine et l'évolution de l'écriture arabe

L'alphabet arabe remonte à l'araméen dans sa variante nabatéenne ou syriaque, lui-même descendant du phénicien. Les premières écritures arabes remontent à l'an 512 à Zabad en Syrie. L'écriture commence à se répandre sous le Califat Abd el Malik et plusieurs styles commencent à se distinguer. Les différences au niveau de la forme des lettres ont permis de diviser les anciennes écritures en deux grandes familles : le Hijazi et le Koufi.

L'alphabet arabe est un abjad. Il s'agit, en d'autres termes, d'un alphabet qui était au départ purement consonantique. En effet, tous les graphèmes étaient au départ des consonnes, donc dépourvus de voyelles et de signes diacritiques. Ceci donnait lieu à des confusions lors de la lecture. Deux mots ayant une même structure consonantique, peuvent être lus de la même façon en absence de voyelles et de signes diacritiques. Ainsi, par exemple, la lecture des premières versions du Coran nécessitait une connaissance préalable du texte (voir tableau 3), par exemple « دار » et « دور », les voyelles « ا » et « و » ne s'écrivaient pas rendant les deux mots identiques pour le lecteur. De ce fait, des essais de normalisation de l'écriture arabe ont eu lieu en complétant l'alphabet consonantique par des points diacritiques⁶ qui permettent de clarifier les

⁶ Un signe diacritique est un élément secondaire rattaché à une lettre, qui vient la compléter ou en modifier le sens. Ce terme peut prêter à confusion. Dans certains travaux, le terme diacritique désigne uniquement les voyelles brèves. Dans d'autres travaux, ce terme englobe tous les signes secondaires comme les voyelles brèves, les points, la *Hamza*, le dédoublement de la consonne (*Shadda*), etc. Dans ce présent travail de thèse, nous adopterons la deuxième définition pour désigner les signes diacritiques. Sont retenues essentiellement :

- la shadda « ّ » marquant le doublement de la consonne ou semi-consonne qui la porte

ambiguïtés. La langue arabe a donc créé un système de diacritiques en ajoutant simplement la *Hamza* et des points à certains signes existants. La *Hamza* est une lettre qui s'écrit comme un signe diacritique « لَآء ».

Quant aux points, leurs nombres et leurs emplacements ont donné une autre identité aux signes déjà existants. Ces points peuvent être en dessus ou en dessous de la lettre, comme ils peuvent être au nombre d'un, de deux ou de trois points.

Tableau 3 : Les premiers modèles de l'écriture arabe

Lettres arabes	ا	ب	ح	د	ه	و	ز	ح	ط	ي	ك
Transcriptions latines	,	b	ğ	d	h	w	z	ḥ	ṭ, ṭ	y	k
Lettres arabes	ل	م	ن	س	ع	ف	ص	ق	ر	ش	ط
Transcriptions latines	l	m	n	s	ʿ, ġ	f	ṣ, ḍ	q	r	s, š	t, ṭ

Note. Les lettres qui avaient le même allographe, mais des sons différents, sont colorés de la même couleur.

Actuellement, en graphie isolée, 18 lettres (sur 29 au total, avec la *Hamza*) ne diffèrent que par la présence ou non de points, ainsi que leur position et leur nombre le cas échéant :

- ع et غ
- ث et ب, ت ;
- خ et ج, ح ;
- ذ et د ;
- ز et ر ;
- ش et س ;
- ض et ص ;
- ظ et ط ;

Au VIIe siècle, des signes de vocalisation ont été ajoutés (voyelles brèves, longues, *tanwīn*, etc.). Toutefois, et jusqu'à présent, les voyelles ne sont généralement pas écrites sauf dans les textes à caractère didactique (livres d'arabe, journaux, dictionnaires) ou sacré. La notation des voyelles brèves facilite la compréhension des mots, notamment lorsque ceux-ci sont lus isolés de tout contexte. En effet, un mot écrit en arabe peut généralement être lu différemment en fonction de la présence ou non de signes diacritiques. En cas d'absence de ces signes, seule une bonne connaissance de la langue permet de déterminer le bon mot en fonction du contexte.

En conclusion, les points ont une très grande importance en arabe, contrairement au système latin où leur présence (sur le i et le j uniquement) ne joue aucun rôle dans l'identification des lettres.

-
- le soukoun « ْ » correspondant à l'absence de voyelle
 - la fatha « َ » codant la prononciation de la voyelle brève [A]
 - la kasra « ِ » codant la prononciation de la voyelle brève [i]
 - la damma « ُ » codant la prononciation de la voyelle brève [u]
 - la *Hamza* « ْ » qui note le coup de glotte

I.2.2.2 Les caractéristiques du système graphique arabe

Homogénéité de formes et formes particulières de lettres

Il existe dans l'écriture arabe des lettres qui ne diffèrent que par la présence ou non de points ainsi que par leur position et leur nombre. Cela crée un certain degré d'homogénéité entre les lettres qui sont semblables de par leur forme visuelle (analyse perceptive visuelle) mais aussi de par leur programmation motrice.

En fonction de leurs emplacements dans le mot et de la similitude des mouvements requis pour leur traçage, ces lettres présentent des caractéristiques graphiques similaires au niveau de la forme. Ainsi, nous avons segmenté les lettres arabes en des formes basiques : la hampe, les traits (horizontaux et obliques), les courbes (les traits qui commencent avec un crochet, les arcs de cercles, les boucles), les formes triangulaires. Il est par conséquent possible de reconstruire toutes les lettres de l'alphabet arabe en combinant des versions pivotées, assemblées ou reproportionnées de ces segments (voir figure 2). La comparaison entre les formes basiques du SG latin (voir figure 1) et celles du SG arabe montre que seule la boucle est commune.

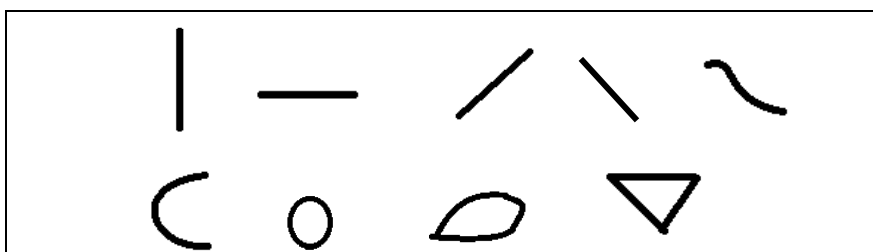


Figure 2: Segments basiques de l'écriture arabe

L'homogénéité ne se trouve pas seulement entre les lettres semblables, mais également entre les mots. En effet, l'écriture arabe se caractérise par la présence d'une racine du mot qui est généralement tri-consonantique à laquelle peut s'ajouter un schème. Ce schème peut être constitué d'un préfixe, d'un infixe⁷ et/ou d'un suffixe. De ce fait, nous pouvons avoir plusieurs mots arabes qui sont constitués d'une même racine de lettres (voir figure 3) et donc comportant la même séquence motrice. Nous signalons que l'arabe limite la création de néologisme. En effet, Malherbe & Rosenberg (1995) notent que la langue arabe est « une langue très pure vu qu'elle arabise ses rares emprunts à l'étranger et forme à partir de racines arabes, les mots techniques qui lui manquent ».

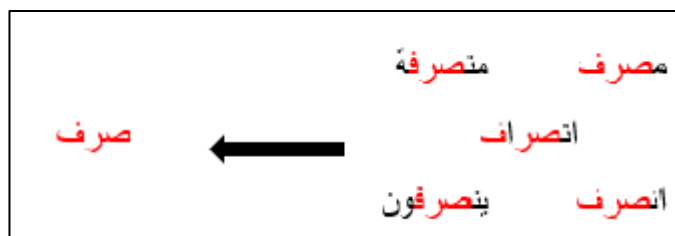


Figure 3: Illustration de différents mots constitués de la même racine (image inspirée de Alef Kacem, 2017). Contribution à la caractérisation et la reconnaissance de l'écriture arabe dans ses différentes formes.

⁷ Un infixe est un élément qui s'insère à l'intérieur d'un mot, afin d'en modifier le sens.

Uni-directionnalité et direction spécifique de l'écriture arabe

Comme c'est le cas pour le SG latin, le SG arabe est caractérisé par deux composantes directionnelles : la composante topocinétique et la composante morphocinétique.

- En ce qui concerne la composante topocinétique, les lettres arabes sont agencées dans l'espace graphique en suivant une direction de droite à gauche. Quand les lettres d'un mot sont liées, il existe un trait de connexion entre les lettres (appelé « *Kashida* ») qui est horizontal et qui permet de relier ces lettres à droite et/ou à gauche sur une ligne de base. Cette *Kashida* a été créée au cours de l'évolution de l'écriture arabe dans le but de répondre à la nécessité de ne pas lever le crayon et interrompre le trait. La présence de cette *Kashida* n'est pas toujours obligatoire entre les lettres. Elle peut être absente lorsque la première lettre ne se lie pas à la suivante, ou que la seconde lettre ne se lie pas à la précédente.
- En ce qui concerne la composante morphocinétique, elle est relative à la formation des lettres arabes. Nous signalons que dans l'alphabet arabe la majorité des lettres peut avoir des formes différentes et cela dépend de la position de la lettre dans le mot :
 - Au total, 21 lettres changent de forme en fonction de la position occupée dans le mot (position initiale, médiane, finale) (voir figure 4).

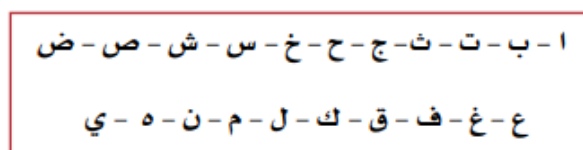


Figure 4: Les 21 lettres arabes qui changent de formes

- Six lettres possèdent uniquement deux formes d'apparition car elles ne s'attachent pas à la lettre suivante : une forme en position initiale pareille à celle de la lettre isolée et une forme en position médiane identique à celle en position finale (voir figure 5). Ces 6 lettres, lorsqu'elles sont positionnées au début ou au milieu d'un mot, divisent le mot en plusieurs morceaux appelés sous-mots (PAW) (Ghaleb, Nagabhushan & Pal, 2015). L'espace entre ces sous-mots est plus petit que celui entre les mots.

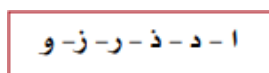


Figure 5: Les six lettres qui possèdent uniquement deux formes

- 2 lettres qui ne changent pas de forme mais peuvent s'attacher à d'autres lettres (voir figure 6).

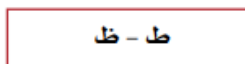


Figure 6: Les deux lettres qui ne changent pas de forme

- La majorité des lettres change de forme en fonction de leur emplacement dans le mot (voir figure 7).

Fin - milieu - début	Isolée	Fin - milieu - début	Isolée
ط ط ط	ط	ل	ا
ظ ظ ظ	ظ	ب ب ب	ب
ع ع ع	ع	ت ت ت	ت
غ غ غ	غ	ث ث ث	ث
ف ف ف	ف	ج ج ج	ج
ق ق ق	ق	ح ح ح	ح
ك ك ك	ك	خ خ خ	خ
ل ل ل	ل	د	د
م م م	م	ذ	ذ
ن ن ن	ن	ر	ر
ه ه ه	ه	ز	ز
و	و	س س س	س
ي ي ي	ي	ش ش ش	ش
ء	ء	ص ص ص	ص
ة	ة	ض ض ض	ض
ى	ى		

Figure 7: Variations de la forme des lettres arabes en fonction de leurs positions dans le mot

Le processus qui a mené au changement de la forme des allographes en fonction de leur position dans le mot dépend entièrement de la nécessité de ne pas lever le crayon en traçant le trait. Nous prenons à titre d'exemple la lettre « *hā* » (voir tableau 4).

Tableau 4: Variante de la lettre « *hā* »

Position	Finale	Médiane	Initiale	Isolée
Graphie	ه	ه	ه	ه
Lettres liées	ه ه ه ه			
Direction	←			

- Dans sa forme isolée, il s'agit de tracer une boucle fermée ;
- Lorsque la lettre est en début de mot, une boucle est effectuée dans le sens horaire, mais le tracé ne peut se terminer une fois la boucle fermée (en haut). Si c'est le cas, le sujet sera obligé de lever son stylo. Or, afin de continuer d'une façon fluide vers la gauche et de connecter les lettres entre elles, une boucle à l'intérieur de la première boucle devient obligatoire.
- Également, en milieu de mot, il n'est pas possible de tracer une boucle simple sans interrompre le trait. Ainsi, afin d'éviter cette déconnexion entre les lettres on procède à une double boucle (comme c'est le cas pour la lettre « *f* » cursive dans l'alphabet latin). On aurait pu se contenter d'une boucle allant simplement vers le haut mais une telle forme représentait déjà une autre lettre ;

- En fin de mot, la boucle est simplement reliée à la lettre précédente.

Également, comme dans l'écriture latine, l'écriture arabe contient des ascendants (hampes et tiges) et des descendants (jambages, pattes). En arabe, les descendants peuvent se prolonger horizontalement sous la bande de base, ce qui introduit une superposition verticale entre la lettre qui comprend le descendant et la lettre suivante. Par exemple dans le mot « **يسيع** », la dernière lettre (en rouge) est étalée horizontalement en dessous de l'avant dernière.

I.3 LA PRODUCTION MOTRICE DE L'ECRITURE CHEZ DES SCRIPTEURS MONOGRAPHES

La complexité de cet acte moteur qu'est l'écriture ne cesse de susciter des questionnements sur l'ensemble des phénomènes qui la sous-tendent, aussi bien au niveau de la phase d'apprentissage qu'au niveau de la phase d'expertise. En effet, les approches traditionnelles du contrôle moteur de l'écriture ont tenté de comprendre les régularités qui régissent la génération et la production de traits et de lettres. Qu'il s'agisse de modèles Bottom-Up (Maarse, van Galen, & Thomassen, 1989 ; Plamondon & Maarse, 1989 ; Grossberg & Paine, 2000) ou de modèles neurocognitifs Top-Down (Margolin, 1984 ; Ellis, 1982 ; Ellis, Young, & Anderson, 1988 ; van Galen, 1991 ; Kellogg, 1996 ; Olive, 2014), la notion de programmes moteurs est la base commune qui sous-tend ces approches. Ces dernières font une distinction entre les processus centraux et les processus périphériques. Les processus centraux correspondent aux traitements cognitifs et linguistiques permettant de composer, rédiger et orthographier. Les processus « périphériques », quant à eux, sont post-orthographiques et responsables d'organiser une programmation ainsi qu'un contrôle moteur fin indispensables à la génération et à l'exécution de la trace graphique.

Notre intérêt se centre sur la sortie motrice se manifestant par la génération et l'exécution d'un tracé sur le papier. C'est ainsi que nous détaillerons dans ce chapitre les étapes du processus périphérique qui sont responsables de la production des mouvements d'écriture. L'aspect invariant qui est noté en général lors de la formation des lettres et des traits nous mène ensuite à développer la notion de programme moteur, sa nature et sa taille. Une revue de la littérature se basant sur l'analyse couplée du produit (de la trace écrite) et du processus d'écriture chez des adultes monographes normo-scripteurs, nous permet à la fin de ce chapitre de mettre en évidence les caractéristiques de l'écriture chez cette population.

I.3.1 Les processus périphériques : Les étapes de la sortie motrice

Les étapes consacrées à la production du geste d'écriture, et donc par la suite à la formation d'un tracé graphique, ne peuvent débuter qu'après l'engagement de toutes les étapes centrales permettant la « préparation du message ». Ainsi, selon le modèle d'Ellis et Young (1988, cité dans Albaret, Kaiser, & Soppelsa, 2013), dans une tâche de copie de mots familiers, le processus commence par l'activation du « système d'analyse visuelle » qui est responsable de l'identification et de l'encodage de chaque lettre dépendamment de sa position dans le mot. Le module « lexique visuel d'entrée » qui est garant de la reconnaissance des mots familiers active

par suite le système sémantique. Le module « lexique de sortie graphémique » contribue ensuite à l'organisation des lettres dans le mot alors que le « buffer graphémique » intervient parallèlement au module précédent et joue le rôle d'une mémoire de travail permettant de maintenir actives les représentations orthographiques pendant leur prise en charge par les processus périphériques. A ce moment, le processus périphérique pourrait commencer (voir figure 8).

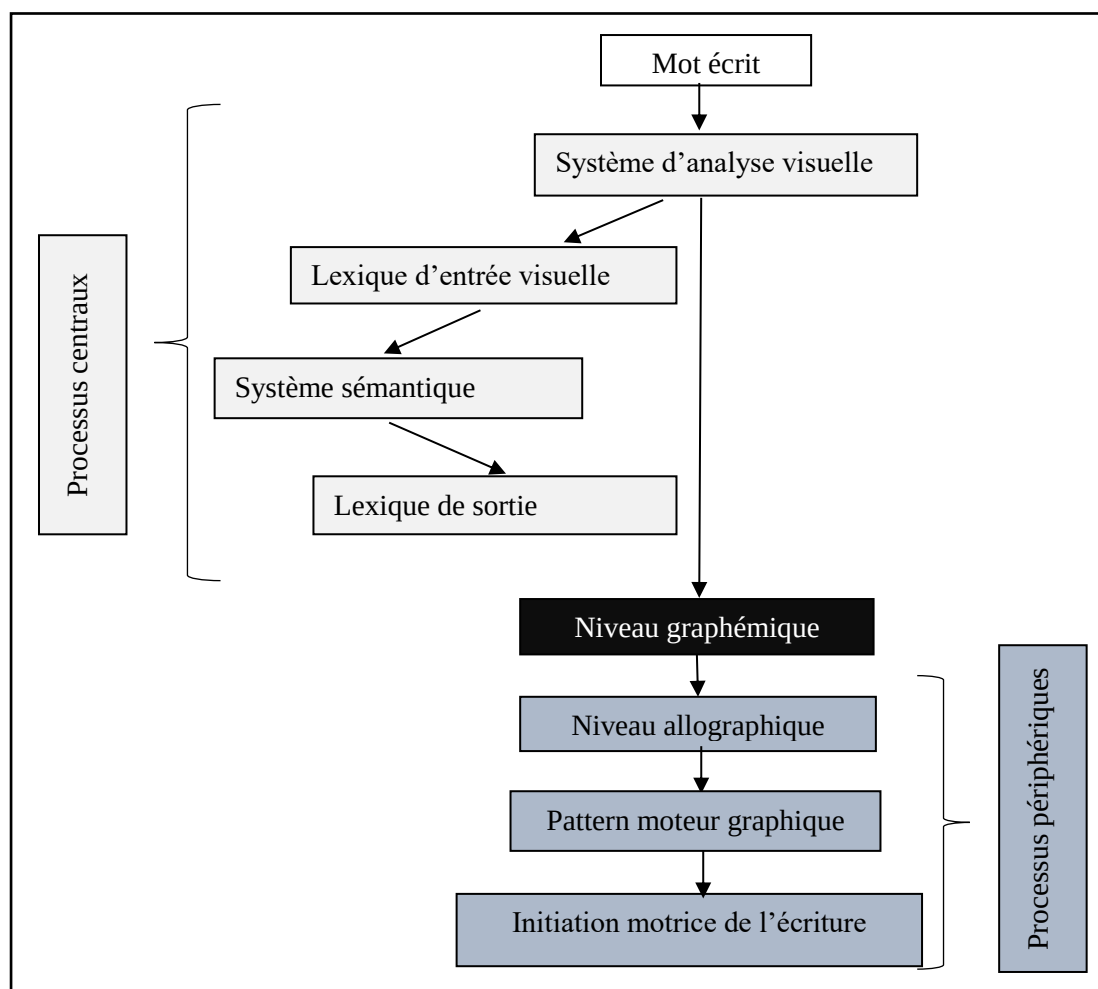


Figure 8: Représentation schématique des processus centraux et périphériques lors de la copie de mots (adapté de Ellis & Young, 1988, cité dans Albaret *et coll.*, 2013)

Les processus périphériques sont responsables du contrôle moteur. D'après van Galen & Teulings (1983), trois étapes primordiales indépendantes entreraient dans la programmation motrice : le niveau allographique, le pattern moteur graphique et l'initiation motrice.

Le niveau allographique code les différentes formes et variantes que peut prendre un graphème. Trois dimensions y sont envisagées : la casse (majuscule/minuscule), le type d'écriture (script/cursif) et la forme spécifique de la lettre (l'écriture personnalisée de la lettre dépendamment de l'individu). Pour van Galen (1991), c'est avec le module « sélection de l'allographe » que le contrôle moteur commence. Ce dernier va immédiatement activer le programme moteur de la lettre, qui est stocké dans la mémoire motrice à long terme, en fonction des trois dimensions susmentionnées du graphème. La taille de l'unité de base varie en fonction

de la pratique, du contexte et de la complexité de la tâche (Hulstjin & van Galen, 1988). Cette première étape de la sortie motrice sera suivie par l'activation du programme moteur de l'allographe, ou en d'autres termes le pattern moteur graphique.

Le pattern moteur graphique détermine quant à lui le programme moteur graphique. Autrement dit, les patterns représentent la séquence de « strokes » qui compose chaque allographe. Chacun des patterns indique la direction, la taille et la vitesse des « strokes ».

La dernière étape correspond à l'initiation motrice qui nécessite à la fois un contrôle fin de multiples muscles et articulations du membre supérieur. Les mouvements d'écriture dépendent de la coordination entre les systèmes musculaires (van Galen & Teulings, 1983) mais aussi de l'intégration de contraintes physiques internes et externes nécessaires à un déroulement spatio-temporel adéquat du geste graphique.

Les feedbacks sensoriels jouent un rôle dans la réalisation de l'écriture et ceci en fonction de la rapidité d'exécution du geste. En début d'apprentissage, les mouvements sont effectués avec correction suite aux erreurs calculées à partir des informations sensorielles reçues (visuelles et kinesthésiques) et donc sont dépendants du contrôle rétroactif (en boucle fermée). Au fur et à mesure de l'apprentissage des lettres et de leurs formes, ce contrôle rétroactif va diminuer pour laisser la place à un contrôle proactif qui s'appuie sur les programmes moteurs relatifs aux lettres comprenant des commandes motrices centrales suffisantes pour les tracer correctement et rapidement. Une fois que l'écriture est automatisée et réalisée rapidement, l'exécution motrice se fait en boucle ouverte, c'est-à-dire sans prise en compte des rétroactions sensorielles, permettant de libérer ainsi les ressources attentionnelles. Bien que le mode de contrôle rétroactif soit sollicité pour l'organisation spatiale de l'écriture dans la page, les feedbacks visuels et kinesthésiques restent trop lents chez les adultes par rapport à la fréquence de production motrice des lettres pour être effectifs pendant la production (Teulings & Schomaker, 1993).

Le concept de programme moteur constitue le postulat que partage les modèles théoriques traditionnels de l'écriture susmentionnés (e.g., Ellis *et coll.*, 1988 ; van Galen, 1991). Ainsi, ces différents modèles ont essayé de répondre à trois points : la nature du programme moteur et du contrôle moteur qui se traduit par des invariants spatiaux, temporels et spatio-temporels ; la taille de l'unité de traitement de base et les agencements spatio-temporels de ces unités de base les unes par rapport aux autres. Nous signalons que les différents modèles théoriques traditionnels de l'écriture ont été dégagés à partir d'expériences faites sur l'écriture latine.

1.3.2 La notion de programme moteur

Les théories hiérarchiques du contrôle moteur prônent une pré-programmation du mouvement d'écriture. À la problématique de stockage sous-tendue dans la première définition du programme moteur proposée par Keele (1968), Schmidt (1975) propose la notion de programme moteur généralisé (PMG). En effet, si Keele stipule que « le programme moteur est un ensemble de commandes musculaires organisées avant qu'une séquence motrice ne commence et qui permet à l'ensemble des séquences d'être exécutées sans influence d'un

feedback périphérique », Schmidt procède quant à lui par catégories de mouvements. Le PMG serait de la sorte rattachée à une catégorie de mouvements. Il est d'ailleurs composé de paramètres invariants d'une part [structure temporelle relative (*phasing*), ordre des séquences du mouvement, force relative des muscles mis en jeu] et de paramètres variables d'autre part [durée totale du mouvement, force totale nécessaire, groupes de muscles à solliciter]. C'est ainsi que pour produire un mouvement, il faut d'abord sélectionner le PMG adéquat pour ensuite spécifier les paramètres de ce mouvement aboutissant à son exécution. Cette production repose sur quatre sources principales d'informations relatives au mouvement à réaliser :

- Les conditions initiales : posture de l'individu, position de ses membres, situation dans l'environnement, état de l'environnement ;
- Les spécifications de la réponse : caractéristiques de la vitesse, de la force requises pour le mouvement ;
- Les conséquences sensorielles de la réponse : produit des rétroactions ;
- Le résultat actuel de l'action : degré de concordance du mouvement avec le but initial déterminé.

Ces informations donnent lieu à deux schémas. Le premier, qui est relatif à la phase d'apprentissage d'un mouvement, est le schéma de reconnaissance. Il joint les conditions initiales, les conséquences sensorielles et le résultat actuel. C'est ce schéma qui contrôle le mouvement et corrige les erreurs. Il compare en effet les informations sensorielles obtenues aux conséquences sensorielles anticipées. Le second schéma, soit le schéma de rappel, apparaît une fois le geste installé, procurant notamment les adaptations nécessaires. Il relie les conditions initiales, les spécifications de la réponse et le résultat actuel de l'action. C'est ce schéma qui initie le mouvement et confère au programme moteur généralisé tous les paramètres divergeant d'une réponse à une autre, offrant ainsi la possibilité de réaliser différentes variantes d'une même classe de mouvements.

Pour Viviani (1994), le programme moteur est défini comme étant une représentation mentale, stockée dans le cortex, d'un geste particulier qui précise « les rapports topologiques et séquentiels entre ses composantes ; une fois sélectionnée, cette structure engendre une séquence de commandes, dont l'ordre préétabli n'est pas modifiable par les afférences sensorielles. Les déterminants métriques et temporels du geste, ainsi que les groupes musculaires impliqués dans son exécution, ne sont pas spécifiés explicitement par le programme. Celui-ci prévoit un ensemble de paramètres qualitatifs et quantitatifs qui, fixés au moment de l'exécution, déterminent les aspects spatio-temporels du geste et les synergies musculaires nécessaires, la fixation des paramètres étant assurée par des processus indépendants ».

I.3.2.1 La nature du programme moteur

Dans l'écriture, on sait que chaque individu peut écrire les mêmes lettres de façons assez différentes et on sait aussi que le contexte ou la situation dans lesquels il se trouve (tâche de copie, de dictée, d'expression) peuvent influencer certains paramètres de l'écriture tels que la

taille, la durée des traits, le choix de l'allographe, etc. (Thomassen & Schomaker, 1986; van Der Plaats & van Galen, 1991; Wing, Nimmo Smith & Eldridge, 1983). Malgré cette variabilité, il existe une certaine invariance de certains paramètres qui donnent un aspect régulier aux programmes moteurs. L'invariance est définie par Viviani & Laissard (1991) comme étant la régularité de caractéristiques remarquables dans le mouvement et de leurs relations dans le temps et/ou l'espace en dépit de larges variations de paramètres globaux comme la taille, la vitesse ou la force développée. D'après Teulings & Schomaker (1993), ces paramètres invariants correspondent à des représentations de haut niveau stockées au niveau central contrairement aux paramètres variants qui eux seraient directement dépendants des contraintes plus périphériques. La nature du programme moteur se traduit pratiquement par des invariants spatiaux, temporels et spatio-temporels.

Les invariants spatiaux et équivalence motrice

Il s'agit principalement de l'idée d'homothétie spatiale qui porte sur le constat que le schéma général de la lettre ou sa forme globale reste maintenue quel que soit le support (papier, sable, tableau), la taille des lettres, l'outil scripteur (craie, stylo). Ainsi, il y a une constance au niveau des rapports géométriques entre les éléments qui constituent la forme permettant de garder le schéma général (Viviani & Terzuolo, 1980 ; Lacquaniti, Terzuolo, & Viviani, 1983). Cette constance au niveau des rapports géométriques est préservée quel que soit le membre effecteur employé (main, bouche, pied, coude). Cela renvoie à la notion d'équivalence motrice (Bernstein, 1967) qui implique l'existence d'une représentation abstraite de la forme des lettres à écrire. Wright (1990) précise ce constat en relevant que « les caractéristiques des courbes et la fluidité de la production écrite ont une plus grande ressemblance avec la production réalisée au moyen d'un segment de membre ipsilatéral à la main dominante »- par exemple une lettre écrite avec la main droite et une lettre produite avec le coude droit- « que lorsqu'elle est effectuée avec la main non dominante »- par exemple une lettre écrite avec la main droite et une autre réalisée avec la main gauche.

Castiello & Stelmach (1993) ont mis en évidence l'effet de l'entraînement sur les caractéristiques spatiales de la forme globale qui permet de généraliser des patrons d'écriture invariants, quel que soit le membre effecteur. Rogers & Found (1996) ont toutefois souligné que le concept d'homothétie spatiale n'est pas toujours valide, surtout lorsqu'on ajoute une contrainte de vitesse.

Les invariants temporels

Deux phénomènes caractérisent les invariants temporels : l'homothétie temporelle et l'isochronie.

L'homothétie temporelle porte sur le constat que « la durée pour écrire chaque partie d'un mot de même taille à des vitesses différentes est proportionnelle à la durée totale de l'écriture du mot en entier » (Viviani *et coll.*, cité dans Albaret *et coll.*, 2013). Ainsi, comme c'est le cas pour les gestes complexes qui sont composés de plusieurs mouvements, il semble que les mouvements d'écriture possèdent une structure temporelle invariante. Cette dernière est

appelée *phasing relatif* (Schmidt, 1988), homothétie temporelle ou encore *timing relatif* par Viviani & Terzuolo (1980).

L'isochronie correspond à l'augmentation de la vitesse moyenne de réalisation du mouvement proportionnellement à l'augmentation de la taille de l'écriture (Hollerbach, 1981 ; Viviani & Terzuolo, 1980). Viviani postule donc une relation directe positive entre la longueur de la trajectoire d'une lettre et sa vitesse d'exécution : plus on écrit grand, plus on écrit vite. Ceci induit qu'il existe une certaine constance ou une variation très minime au niveau de la durée du tracé malgré une variation de la taille ou de la longueur.

Toutefois, d'autres études (Wright, 1990, Wing, 1980 ; Greer & Green, 1983 ; Thomassen & Teulings, 1985) vont à l'encontre de cette constance temporelle et postulent que ce phénomène n'est valide que si la variation de la taille des lettres n'est pas très importante.

Les invariants spatio-temporels

La loi puissance 2/3 indique que tous les tracés respectent une règle qui relie le rayon de courbure de la trajectoire et la vitesse tangentielle (Viviani & Flash, 1995 ; Viviani & Terzuolo, 1982). En effet, tout tracé curviligne, qu'il s'agisse d'écriture ou de dessins, peut être décomposé en différentes parties en fonction du rayon de courbure. Chacune de ces parties étant effectuée avec une certaine vitesse tangentielle. Ainsi, d'après la loi puissance 2/3, la vitesse diminue lors du tracé d'une courbe et augmente lors des traits qui sont moins courbés. Cette loi est valide pour les trajectoires simples (le tracé d'ellipses par exemple) ou encore pour des trajectoires plus complexes ne nécessitant aucun déplacement du bras (la signature par exemple). Toutefois, cette loi semble peu applicable dans le domaine de l'écriture qui implique la translation du bras de la gauche vers la droite (Thomassen & Teulings, 1985).

1.3.2.2 La taille de l'unité de traitement au niveau du programme moteur

Dans le domaine de l'écriture, la production d'un mot serait la conséquence de l'enchaînement des différents programmes moteurs constituant les unités de base ou les sous-mouvements de ce mot. La question portant sur la taille de l'unité de base traitée par la sortie motrice fut le sujet de débat pour les chercheurs (Hulstijn & van Galen, 1988 ; Meulenbroek & van Galen, 1989 ; Stelmach & Teulings, 1983 ; Sternberg, Monsell, Knoll, & Wright, 1978 ; Teulings, Mullins, & Stelmach, 1986 ; Thomassen & Schomaker, 1986) : est-ce le trait, le stroke, la lettre, le di- ou trigramme (un ensemble constitué par deux ou trois lettres) ou bien le graphème (la transcription écrite d'un phonème) ?

1.3.2.2.1 Lettre ou stroke ?

Le temps est systématiquement impliqué dans la préparation et la réalisation du mouvement d'écriture. L'indicateur principal qui a été utilisé pour déterminer l'unité de programmation fut le temps de réaction (TR) (Thomassen, van Galen, Keuss, & Grootveld, 1984). L'idée sous-jacente est la suivante : plus le temps de réaction est long, plus le traitement est complexe (Thon, 1999). Idéalement, il était simple de considérer les traits, ou strokes, comme des unités de bases du programme moteur. Toutefois, cette idée a été réfutée car ces unités sont très

sensibles à des modifications de contraintes et de situations, et par conséquent elles ne conservent pas une certaine constance et régularité (Hulstijn & van Galen., 1988 ; Teulings *et coll.*, 1986 ; Wing, 1978).

Chez l'adulte, différents travaux considèrent que la lettre est l'unité de base ou de segmentation du programme moteur. Dans l'étude de Teulings, Thomassen & van Galen (1983) qui porte sur la copie de digrammes composés de lettre identiques ou différentes, les résultats montrent que le TR est plus court lors de la copie de digrammes composés de lettres identiques témoignant de l'activation d'un seul programme moteur répété deux fois. Ces chercheurs expliquent ce résultat par l'existence d'un stockage moteur à long terme ayant des propriétés différentes d'une mémoire tampon motrice. L'étude de Portier, van Galen & Meulenbroek (1990), qui consiste à copier des lettres, des courbes et des traits après leurs prévisualisations, rapporte des résultats qui vont dans le même sens : la prévisualisation d'une lettre diminue le TR, ce qui n'était pas le cas pour les courbes et les traits. Dans cette situation où le sujet voit la lettre, il semble que l'information stockée est temporaire et est placée dans la mémoire tampon. Meulenbroek *et coll.* (1989) ont comparé les strokes de connexion aux strokes formant les lettres. Ils ont trouvé que ces deux types de strokes étaient toujours différents. Les strokes de connexion étaient en moyenne plus longs en temps et en distance, ainsi que moins fluents (la fluence étant quantifiée en nombre, fréquence et densité de pauses) que les strokes composant une lettre. Ils concluent ainsi que cette différence entre les strokes de connexion et ceux formant les lettres serait un indice supplémentaire en faveur d'une programmation ayant la lettre comme unité de base.

1.3.2.2.2 Au-delà de la lettre (motor planning et syllabes)

De nombreuses études ont montré que l'unité de base peut varier en fonction de certaines conditions : la vitesse (Wing *et coll.*, 1983 ; van der Plaats & Van Galen, 1991), la nature de la tâche et sa complexité ainsi que la pratique. D'après les modèles de Fitts (1964) et d'Adams (1971) relatifs à l'apprentissage moteur, le passage du stade de débutant au stade d'expert se définit essentiellement par une baisse du rôle des processus cognitifs marquée par une réduction du coût attentionnel et de l'effort énergétique. Le geste est alors automatisé et se réalise en dehors du contrôle conscient du sujet. Cette automatisation permet une réduction du recours à la vision et du contrôle périphérique du geste d'une manière générale, ce dernier reposant alors essentiellement sur les informations proprioceptives. Elle permet également une augmentation de la taille des programmes moteurs par agglomération de petits programmes unitaires en unités de plus en plus grandes. Il s'agit de la notion de « *Chunking* ». Le phénomène de « *Chunking* » est défini par Anderson (1993, cité dans Lambert & Espéret, 2002) comme étant « un regroupement des unités initialement mobilisées ». Ce phénomène a pour but de faciliter la gestion des programmes moteurs : Ce mécanisme d'assemblage permettrait d'alléger la charge du contrôle grapho-moteur en augmentant la taille de l'unité de traitement (Lambert & Espéret, 2002). Par conséquent, au fur et à mesure que l'enfant acquiert le geste d'écriture, l'unité de base évolue d'une programmation trait par trait, à une programmation lettre par lettre, pour ensuite passer à un assemblage d'éléments indépendants en une unité (Hulstijn *et coll.*, 1988).

Pour Kandel, Orliaguet & Viviani (2000), lorsque la séquence motrice comporte un grand nombre d'éléments qui excède les capacités de la mémoire de travail, une partie de la programmation motrice de la séquence doit se faire en cours de réalisation. Ainsi, la production de cette séquence complexe commence avant qu'elle ne soit totalement programmée. Dans cette situation, les contraintes affectant les étapes successives de la séquence sont anticipées lors de la réalisation de l'étape en cours. Il s'agit du phénomène d'anticipation motrice qui assure la fluidité des productions motrices en ajustant les paramètres des premières étapes de la séquence en fonction de la complexité des étapes suivantes (Orliaguet, Kandel & Boë, 1997). Une connaissance préalable des lettres à produire, de leur ordre d'apparition, de l'ordre des traits et du but final à atteindre est requise. Lambert & Espéret (1996) postulent que dès que l'enfant est capable de faire correspondre graphème et phonème, il utilise le graphème ou la syllabe comme unité de base dans la programmation, indépendamment du nombre des lettres qui les constituent.

Après avoir exposé les processus de l'écriture et détaillé la notion de programmes moteurs, nous présenterons les caractéristiques des programmes moteurs de l'écriture en français et en arabe.

I.3.3 Comment sont programmés les mouvements graphiques en français ?

La production des lettres est sous la dépendance de processus de programmation motrice et de contrôle rétroactif (Zeziger, 1995). Il s'agit d'une « Grammaire de l'action » (Goodnow & Levine, 1973 ; Lehman & Goodnow, 1975) qui définit l'ordre et la direction des mouvements du tracé. Selon l'allographe choisi, l'ordre de production des traits est plus ou moins déterminant.

I.3.3.1 Grammaire de l'action de l'écriture du français

La « grammaire de l'action » est un ensemble de règles qui met en évidence des stratégies préférentielles utilisées pour produire les formes. D'après Lehman & Goodnow (1975), les règles qui déterminent l'organisation de l'ordre des mouvements lors de la production de patterns graphiques sont au nombre de sept. Les deux premiers principes concernaient la localisation du point de départ des tracés. De façon récurrente, les enfants avaient tendance à positionner la pointe de leur crayon sur un point, le plus en haut et le plus à gauche d'une feuille. Les deux principes suivants concernaient l'ordre dans lequel les enfants produisaient les premiers traits d'une figure. Le plus souvent, ils commençaient par tracer la ligne droite et, quand il fallait dessiner des figures avec sommet, par l'oblique de gauche. Les trois derniers principes concernaient la progression générale. Les enfants progressaient de gauche à droite pour toutes les horizontales, de haut en bas pour toutes les verticales et enfin, le dernier principe indiquait une préférence à lever le moins de fois possible le crayon.

Ces règles, qui déterminent l'ordre des mouvements lors de la production de patterns graphiques, sont la résultante de contraintes biomécaniques, de l'économie de programmation, des caractéristiques de la forme à produire et des aspects cognitifs en lien avec la pratique de l'activité de lecture et d'écriture (Morin, Bara & Alamargot, 2017).

Lors du traçage des premières lettres, les enfants adoptent généralement les mêmes règles et stratégies préférentielles que celles utilisées pour produire les formes graphiques. Toutefois, ces stratégies vont évoluer avec l'acquisition de l'écriture car cette dernière possède des contraintes différentes de celles du dessin telle que la progression de gauche à droite (Goodnow & Levine, 1973). L'écriture cursive se caractérise par des courbes qui sont réalisées dans le sens antihoraire (les lettres à boucles montantes ainsi que les lettres rondes). Pour réussir ces tracés, une modification du sens de rotation des cercles est nécessaire : passage du sens de rotation horaire préférentiel au sens de rotation anti-horaire (Meulenbroek, Vinter, & Mounoud, 1993). Ce changement du sens de rotation se fait sous l'effet de l'instruction et de la pratique intensive des activités d'écriture. Selon Meulenbroek *et coll.* (1993), les enfants optent pour un sens de rotation anti-horaire en raison du besoin de contrôle visuel et de feedback efficace et confortable sur le tracé à produire et également en raison de l'enchaînement des lettres en cursive qui rend la rotation anti-horaire plus appropriée car elle réduit le nombre de levers. En effet, la rotation horaire gêne la vision du point final. Il s'agit de la stratégie de « stabilité du point final ». Cette modification au niveau de la grammaire de l'action optimise ainsi le mouvement d'écriture en le rendant plus aisé et plus fluide (Viviani, 1998 ; Lambert & Espéret, 1997) et permet à l'enfant d'élaborer ses programmes moteurs relatifs à la lettre. D'après l'étude de Goodnow, Friedman, Bernbaum & Lehman (1973), le changement de sens de rotation de cercle n'est visible que dans le contexte d'un apprentissage de l'alphabet latin. Aucun changement du sens de rotation n'est noté chez les enfants qui apprennent à écrire en arabe ou en hébreu (de droite à gauche).

Les différents allographes ne présentent pas non plus les mêmes exigences concernant la planification et le contrôle moteur. Du point de vue de la complexité motrice, les lettres les plus simples contiennent de longs traits faiblement recourbés, alors que les plus complexes sont celles qui nécessitent de nombreux changements de direction.

De même, le respect de l'ordre des traits est décisif pour l'écriture cursive afin de garantir l'attachement des lettres et la fluidité du tracé. Pour Karlsdottir (1996b), la complexité de l'écriture cursive réside au niveau des liens entre les lettres qui assurent l'enchaînement du tracé et non pas dans la réalisation graphique de la forme de chaque lettre. Ainsi, l'écriture du français se caractérise par un nombre relativement réduit de levers entre les lettres (Hébert, 1996).

I.3.3.2 Regroupement des lettres latines selon l'isomorphisme des mouvements

Le regroupement par isomorphisme des mouvements correspond au regroupement des lettres en fonction de la similitude des patrons de coordination. Ceci favorise en effet la mise en place de ces derniers (Benbow, 1995, cité par Kaiser, 2009) et réduit les problèmes d'inversion ou de sens de rotation (Alston & Taylor, 1987, cité par Kaiser, 2009).

Kaiser (2009) propose le regroupement suivant des lettres latines cursives sur la base de l'isomorphisme des mouvements (voir tableau 5) :

Tableau 5: Regroupement des lettres latines cursives sur la base de l'isomorphisme des mouvements

Regroupement	Lettres
Regroupement 1	a c d g o q
Regroupement 2	e l h k f b
Regroupement 3	i t u v w j y
Regroupement 4	m n p r s x z

I.3.4 Comment sont programmés les mouvements graphiques en arabe ?

I.3.4.1 Grammaire de l'action de l'écriture de l'arabe

Aucune modification du sens de rotation des cercles n'est notée chez les enfants ou adultes qui écrivent en arabe. Les scripteurs droitiers (D) conservent le sens de rotation horaire préférentiel pour tracer les lettres circulaires (Goodnow & Levine, 1973). Dans l'écriture de l'arabe qui progresse de droite à gauche, les lettres circulaires ont la ligne de base comme point de départ, ce qui explique la conservation du sens de rotation horaire préférentiel. Comme c'est le cas pour le SG latin (Edelman & Flash, 1987), nous avons supposé que les lettres arabes sont planifiées en termes de segments simples. D'ailleurs, ceci se manifeste clairement chez les enfants en début d'acquisition de l'écriture. Ce n'est qu'avec l'entraînement que la taille de l'unité de base des programmes moteurs évolue d'une programmation trait par trait, à une programmation lettre par lettre, pour ensuite passer à un assemblage d'éléments indépendants en une unité (Hulstijn & van Galen, 1988), tel que le PAW par exemple.

Pour les lettres isolées ou les lettres en début du mot, le tracé débute du point le plus haut vers le bas partant de la droite vers la gauche. Les lignes horizontales constituant les lettres progressent majoritairement de la droite vers la gauche.

Concernant le degré de complexité motrice des différents allographes, nous estimons que, comme pour l'écriture des lettres françaises, les allographes les plus simples sont ceux qui contiennent des traits faiblement recourbés (à titre d'exemple la lettre « l ») alors que les allographes complexes sont ceux qui nécessitent des changements de direction (la lettre « ي » comme exemple).

De même, le changement des formes des lettres favorise l'attachement des lettres et la fluidité du tracé. Pour écrire l'arabe, le sujet n'est obligé de lever sa main que dans deux situations :

- Quand la lettre ne s'attache pas à la lettre suivante et donc dans ce cas divise le mot en des sous-mots (PAW) ;
- Pour mettre les signes diacritiques : la personne adulte écrit généralement le mot en entier (si toutes les lettres du mot sont liées) ou le PAW en entier (si le mot contient des sous-mots) pour ensuite mettre les signes diacritiques sur les lettres correspondantes. Ceci nécessite de constants retours en arrière.

1.3.4.2 Regroupement des lettres arabes selon l'isomorphisme des mouvements

Le regroupement des lettres arabes en fonction de l'isomorphisme des mouvements n'existe pas dans la littérature. La proposition qui suit est donc le fruit d'une élaboration personnelle (Younes-Harb, 2016). La définition de critères relatifs à la simplicité et la complexité des programmes moteurs a été nécessaire en premier lieu. Ces critères incluent :

- La direction de départ de la lettre, soit le fait qu'elle suive ou pas le sens du SG arabe (de la droite vers la gauche).
- La régularité de la trace graphique de la lettre, soit la présence ou l'absence de levers du crayon ainsi que le nombre de traits au sein d'une même lettre.
- Le changement d'orientation au cours du tracé de la lettre, impliquant une combinaison entre les différentes articulations.

Il s'ensuit le classement des lettres de l'alphabet arabe en deux groupes distincts :

- Groupe 1 : Lettres requérant un programme moteur simple :

ا - ب - ت - ث - د - ذ - ر - ز - س - ش - ك - ل - ن

- Groupe 2 : Lettres requérant un programme moteur complexe :

ج - ح - خ - ص - ض - ط - ظ - ع - غ - ف - ق - م - ه - و - ي

Ces lettres ont été agencées en dix regroupements en fonction de la similitude des mouvements requis pour leur traçage. La progression de ces regroupements tient compte de la complexité des programmes moteurs (voir tableau 6).

Tableau 6: Regroupement des lettres arabes sur la base de l'isomorphisme des mouvements

Regroupement	Lettres arabes
Regroupement 1	ب - ت - ث
Regroupement 2	د - ذ
Regroupement 3	ا - ل - ك
Regroupement 4	ر - ز
Regroupement 5	ن - س - ش
Regroupement 6	و - ف - ق - م
Regroupement 7	ط - ظ
Regroupement 8	ص - ض
Regroupement 9	ج - ح - خ
Regroupement 10	ع - غ - ي

En effet, l'acte graphique est tributaire du développement neuromoteur régi par la loi céphalo-caudale et proximo-distale. Celle-ci implique un contrôle musculaire allant des muscles les plus proximaux, impliqués dans le contrôle postural et la locomotion, aux muscles les plus fins et distaux. Ainsi, dans l'écriture, le poignet permet l'exécution de traits horizontaux et les doigts, celle des traits verticaux (Paoletti, 1999). De ce fait, nous supposons que le premier regroupement incluant les lettres « ت-ب » est le plus facile à tracer.

Le regroupement 2, incluant les lettres « د-ذ », vient en amont du regroupement 3 qui inclut les lettres « ل-ا ». Ceci pourrait être expliqué par le fait que l'évolution de production du

geste graphique se base d'abord sur le contrôle moteur et ensuite sur le contrôle visuel. En effet, pour écrire la lettre ز par exemple, l'enfant trace une ligne oblique de courte distance, correspondant à l'angle réel de l'activité du poignet et des doigts qui est de 70° (Viviani, 1994). Alors que la production de la lettre ل par exemple nécessite un contrôle visuo-moteur du trait vertical.

L'entrée en jeu successive des articulations, notamment celle du poignet et des doigts, permet le traçage des courbes. Ainsi, l'enfant effectue dans un premier temps des arcs de cercles, d'où le regroupement 4 incluant les lettres « ز-ر », pour produire dans un second temps les demi-cercles (regroupement 5 incluant les lettres « ش-ش-ن »).

Danna, Athènes & Zanone (2011) stipulent par ailleurs que les trajectoires circulaires proches du cercle sont produites de manière préférentielle par les enfants car ils requièrent une vitesse d'exécution assez lente. Avec la pratique et/ ou le développement, les scripteurs plus âgés augmentent leur vitesse de production et ont tendance à écrire de manière moins arrondie, plus elliptique. C'est ainsi que l'écriture des lettres « م-ق-ف-و », impliquant des formes circulaires, précéderait celle des lettres ظ-ط où des ellipses sont mises en jeu.

Quant aux lettres du regroupement 8 (ص-ض), elles constituent un alliage entre le regroupement 5 et le regroupement 7, puisque leur production nécessite une association entre ellipses et demi-cercles.

Finalement, le nombre de degrés de libertés d'une articulation correspond au nombre de rotations indépendantes permises entre les segments qu'elle relie (Viviani, 1994). Les lettres « ح-خ-ج » (association entre traits et courbes avec « cassures ») et les lettres « ي-غ-ع » (courbes avec changement de direction) constituent de la sorte les deux derniers regroupements, étant donné la maîtrise des degrés de liberté et le contrôle visuel qu'elles supposent (voir figure 9).

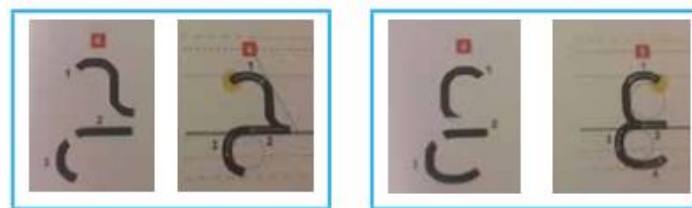


Figure 9: Exemple de décomposition des lettres ح و ع (source : Farran, H., (2015). Architecture of the Arabic letters in motion. Liban : dar onboz)

I.4 LE STATUT PARTICULIER DU SENS D'ÉCRITURE

Les adultes libanais connaissent deux SG dont le sens d'écriture diffère. Cette différence au niveau du sens d'écriture engendre des mouvements différents de la main pour chacun des SG. Mais à quoi est due cette divergence ? Afin de pouvoir répondre à cette question, il faut replonger dans l'histoire au moment de la création de chacun de ces SG.

I.4.1 Divergence au niveau de la direction générale des systèmes graphiques arabe et latin : Pourquoi ?

Les alphabets grec, romain/ latin et cyrillique sont écrits de gauche à droite. Les alphabets hébreu et arabe sont écrits de droite à gauche. Quelle est la raison de cette différence ?

De Kerckhove & Baudin (1988) s'est demandé si l'orientation de la gauche vers la droite du SG grecque n'était pas due à une spécialisation hémisphérique cérébrale plutôt qu'à des critères purement techniques, et si les alphabets que nous utilisons n'exerçaient pas une influence sur des niveaux plus élevés de traitement de l'information. Pour lui, les alphabets syllabiques indo-européens (latin, grec, cyrillique, etc.), diffèrent des alphabets consonantiques sémitiques (arabe et hébreu) par le fait qu'ils tentent de présenter un analogue visuel de la séquence phonologique complète du discours oral. En effet, pour déchiffrer, le lecteur n'a pas besoin du sens de toute la phrase ni du contexte (comme c'est le cas pour les alphabets consonantiques sémitiques qui sont gouvernés par le principe de « contextualité ») mais simplement du processus de combinaison séquentielle des lettres. Ces systèmes d'écriture syllabiques sont gouvernés par le principe de « contiguïté séquentielle ». Ainsi, pour De Kerckhove & Baudin (1988), et dans le cas d'une écriture syllabique, le lecteur impose à son cerveau un traitement séquentiel de l'information afin de lire les séquences contiguës. La capacité analytique implique des régions situées dans l'hémisphère gauche, surtout quand les informations sont présentées dans le champ visuel droit. C'est cette priorité donnée au séquençage par rapport à la contextualisation des caractères qui détermine, selon lui, l'orientation des SG vers la droite.

Cette approche neurophysiologique de la justification de la direction générale de l'écriture, considère qu'une langue ne peut être écrite qu'avec un seul SG et n'entraîne qu'un type particulier de pensée qui est incarné dans une constitution cérébrale particulière. Cette idée fut critiquée par Watt (1989, cité dans Sirat, 2013) car l'histoire de l'écriture nous montre une autre réalité. Sirat (2013) ajoute que les sociétés ont souvent changé d'alphabets pour des raisons surtout politiques et quand un peuple adopte un nouveau système graphique, il adopte également la direction de ce système graphique. Les Egyptiens par exemple, au cours du 4^{ème} siècle après J.C., quand ils ont accepté la religion chrétienne dont la doctrine était écrite en grec, ont abandonné leur écriture de droite à gauche. Puis, ils sont revenus pendant le 7^{ème} siècle après J.C. à une écriture de droite à gauche lorsque la propagation de l'islam a imposé l'alphabet arabe à ses convertis. En Turquie (en 1928), l'influence de la civilisation occidentale a conduit à l'abandon de l'alphabet arabe pour l'alphabet latin (Caymaz & Szurek, 2007). A l'inverse, en Algérie, la renaissance de l'islam après l'indépendance a conduit à l'officialisation de l'arabe, et les enfants apprennent à écrire de droite à gauche. Non seulement des sociétés entières peuvent

changer d'alphabet, mais des dizaines de millions d'individus sont capables de lire et écrire dans plusieurs directions. C'est le cas des Chinois, des Japonais, des Arabes, etc. qui peuvent souvent facilement écrire non seulement dans leur direction familière, mais aussi en anglais/français ou dans d'autres langues occidentales écrites en caractères latins allant de gauche à droite.

En fait, ce qui détermine la direction de l'écriture réside dans l'activité d'écriture elle-même. Les dates durant lesquelles les directions des alphabets étaient fixées sont grossièrement connues : entre le 10^{ème} et le 8^{ème} siècle av. J.-C. pour l'araméen, et du 7^{ème} au 6^{ème} siècle av. J.-C. pour le grec. Les raisons de ces choix doivent être recherchées à ces époques, car désormais elles ont été soutenues et maintenues par la tradition en tant que parties intégrantes de la culture. L'impression, qui permet la multiplication mécanique du matériel écrit, n'a apporté aucun changement. Faisons un survol de l'histoire des « écritures » connues.

Les premières traces d'un système d'écriture correspondent aux hiéroglyphes de l'Égypte antique et à l'écriture cunéiforme employée en Mésopotamie. L'écriture égyptienne hiératique était caractérisée par une direction linéaire prédominante de droite à gauche et par l'utilisation comme matériel d'écriture d'un rouleau de papyrus, de joncs (outil scripteur) et d'encre (Cerney, 1952, cité dans Sirat, 2013). Dans les textes hiératiques, les colonnes se succédaient de droite à gauche. La posture du scribe, qui est assis sur le sol en position de tailleur, a fourni non seulement une grande zone de soutien pour le coude, l'avant-bras et le poignet, mais a également permis une consultation facile de cette partie du papyrus déjà inscrite. Le scribe tenait la partie inutilisée du rouleau dans la main gauche, tout en écrivant avec la droite. La partie écrite tombait du côté droit du corps, et au fur et à mesure que l'écriture progressait, le papyrus pouvait être enroulé à nouveau s'il commençait à s'emmêler. Le contrôle par la main droite était très simple en étant assis sur le sol, car le coude du scribe était à la hauteur de la taille. Si le rouleau était soudainement déplacé par accident, il pouvait être facilement atteint et remis en place (voir figure 10).



Figure 10: Position du scribe sous l'Antiquité. La statue du « Scribe accroupi » (Tiré de Damiani, 2018)

L'écriture cunéiforme était écrite de gauche à droite et se caractérisait par l'utilisation de tablettes en argile, qui étaient un support solide, et d'un stylet en roseau, en bois ou en métal. L'écriture cunéiforme commune était très anguleuse, faite par l'impression du stylet dans l'argile. Elle mobilisait les muscles brachiaux et gardait le poignet verrouillé. Le stylet était tenu obliquement. La forme et le poids des tablettes d'argile variaient considérablement ; la

plupart pouvait être tenue dans la paume de la main. La raison de la direction gauche à droite des lignes est donc en lien avec le matériel utilisé et la posture requise pour contrôler visuellement les inscriptions : la main droite, tenue au-dessus de la ligne - comme cela est nécessaire pour écrire sur l'argile - ne s'interposait donc pas entre l'œil et la pointe du roseau et n'empêchait pas le scribe de voir ce qu'il écrivait. Dans l'autre sens, la main aurait interféré avec le contrôle de l'œil. Au cours des siècles, les caractères cunéiformes ont servi à écrire de nombreuses langues de natures très différentes : sumérien, akkadien, éblaïte, élamite, hussite, cananéen, araméen, etc. (Hallo, 1980 ; Durand, 1977).

De l'idéogramme suggérant la signification d'une observation ou d'une pensée, l'humain passe progressivement à la lettre et invente l'alphabet. Le premier alphabet connu est l'alphabet protosinaïtique également appelé alphabet Protocananéen. C'est un abjad, un système consonantique d'écriture archaïque du Moyen-Orient, composé de 23 signes remontant au 17^{ème} siècle avant l'ère chrétienne. Il s'agit d'un mélange dérivé des hiéroglyphes égyptiens avec les syllabes des langues sémitiques d'alors. L'alphabet protosinaïtique s'écrivait de droite à gauche comme c'est le cas pour les hiéroglyphes. L'alphabet protosinaïtique est le premier alphabet qui aurait donné par dérivation naissance à tous les autres alphabets (phéniciens, araméen, arabe, hébreu, etc.).

Au 10^{ème} siècle av. J.-C., les phéniciens révolutionnent l'écriture en uniformisant les phonèmes sous formes de lettres reprenant les inscriptions protosinaïtiques. Les phéniciens adoptent ainsi un système d'écriture linéaire allant de droite à gauche (sinistroverse). Grâce à la domination économique et commerciale des phéniciens, l'alphabet phénicien fut utilisé pendant plusieurs siècles à travers toute la Méditerranée. Une grande révolution semble avoir eu lieu dans le 8^{ème} et 7^{ème} siècles av. J.C., lorsque l'alphabet s'est répandu parmi les marchands et les artisans sur l'ensemble du Moyen-Orient. Ce mouvement de véritable alphabétisation s'est produit chez les Phéniciens, les Cananéens, les Israélites et les Grecs. La lecture et l'écriture ont cessé d'être le privilège des scribes et sont devenues accessibles à tous, quel que soit leur rang.

Sur les actuels territoires de la Syrie, de l'Irak et de l'Iran, une autre langue sémitique s'impose comme langue officielle de l'empire perse et comme première langue officielle écrite du Proche-Orient de l'an 300 av. J.-C. jusqu'au l'an 650 : l'araméen. L'araméen fût la langue maternelle des populations de l'Egypte jusqu'au Pakistan, y compris la Palestine pendant 900 ans. Ainsi, tous ces peuples ont adopté une écriture qui se lisait de droite à gauche.

C'est l'araméen qui donna naissance à l'alphabet arabe datant du 2^{ème} siècle après J.-C. La première véritable existence de documents écrits de droite à gauche en langue arabe date de l'an 512. Pourquoi a-t-on commencé à écrire l'arabe par la droite ? De nombreuses hypothèses peuvent être avancées :

- On sait déjà que l'écriture arabe dérive des langues sémitiques qui sont toutes écrites de droite à gauche. Il peut s'agir tout simplement d'un emprunt aux civilisations antiques du Proche-Orient (les phéniciens et les araméens).

▪ La nature du matériel utilisé durant l'antiquité pourrait également apporter des explications :

- Le sens droite-gauche comme facilitant la lecture : les scribes du Proche-Orient déroulaient leur papyrus vers la gauche tout en écrivant de la main droite,
- Le sens de l'écriture arabe proviendrait de la position du scribe sous l'Antiquité : assis par terre, la main inclinée, avec un roseau imbibé d'encre (voir figure 10),
- Avant l'écriture, les humains gravaient leurs signes cunéiformes dans la pierre : comme il y avait plus de D que de gauchers (G), la taille de la pierre aurait commencé de la droite vers la gauche,
- La direction de l'écriture dépendrait aussi de la façon dont on utilise l'instrument (plume, calame, pinceau, glaise, pierre, roseau, papyrus, stylet, etc.) : selon que l'on pose sa main ou non sur le support, selon que l'on tire l'instrument, qu'on le grave ou le poinçonne, selon que l'on écrive au moyen d'un fluide telle que l'encre ou que l'on entaille un support rigide.

En Grèce, lorsque la direction a été déterminée entre le 6^{ème} et le 5^{ème} siècle av. J.C., elle est passée de gauche à droite (dextroverse). Avant cela, l'écriture grecque avait été écrite verticalement, de gauche à droite, de droite à gauche ou en boustrophédon, c-à-d en changeant de sens à chaque fin de ligne (Jeffrey, 1961, 1976, cité dans Sirat, 1988).

Qu'est-ce qui a poussé les Grecs à changer la direction de leur écriture et à adopter la direction de gauche à droite ? En utilisant des tablettes de cire, comme les tablettes d'argile des scribes cunéiformes, les Grecs devaient écrire de gauche à droite. Cette direction était maintenue même lorsque la tablette de cire n'était pas le seul matériel d'écriture.

L'alphabet romain est issu de l'écriture grecque occidentale. Cependant, la plupart des chercheurs conviennent que les Romains l'ont modifié pour répondre aux besoins de leur propre langue. Après une période archaïque (VI^e-IV^e siècles av. J.-C.) où les lignes s'écrivent successivement de droite à gauche et de gauche à droite (mode boustrophédon), la direction gauche-droite des lignes prévaut et les lettres prennent leur forme classique. Dans l'écriture des inscriptions, on peut voir les traits typiques de l'écriture rapide sur des tablettes de cire, deux siècles avant que cette écriture cursive ne soit conservée sur les documents (Bischoff, 1985).

Le tableau 7 synthétise l'historique de l'évolution de la direction de l'écriture en fonction des SG.

Tableau 7: Historique de l'évolution de la direction de l'écriture en fonction des systèmes graphiques

Ecriture	Période	Direction
Cunéiforme	IV ^e millénaire av. J.-C - III ^e siècle après J.-C.	Gauche à droite
Egyptienne hiératique	IV ^e millénaire av. J.-C – IV ^e siècle après J.-C.	Linéaire prédominante de droite à gauche Les colonnes se succédaient de droite à gauche
Protocananéen	XVII ^e siècle av. J.C- XI ^e siècle av. J.C	Droite à gauche
Phénicienne	X ^e siècle (1000) av. J.-C -II ^e siècle av. J.C	Droite à gauche
Araméenne	IX ^e siècle av. J.-C au VII ^e siècle après J.-C	Droite à gauche
Grecque	VIII ^e siècle av. J. -C- à nos jours.	Gauche à droite
Arabe	II ^e siècle après J.-C- à nos jours.	Droite à gauche
Romaine/ Latine	IVX ^e siècle (1465) après J.-C.- à nos jours.	Gauche à droite

Si les directions des systèmes graphiques ne sont pas dues à une spécialisation hémisphérique cérébrale, impacteraient-elles les comportements moteurs et perceptifs des individus ?

1.4.2 Effets de la direction générale des systèmes graphiques arabe et latin sur les tendances directionnelles et l'écriture en miroir

1.4.2.1 Les tendances directionnelles

L'étude de l'interférence entre le français et l'arabe dans le contexte du bigraphisme arabo-français se base également sur le concept de tendances directionnelles liées aux habitudes d'écriture et de lecture.

Par tendances directionnelles, nous entendons « les biais stables d'orientation dans la dimension horizontale, verticale ou oblique » (Dreman, 1978, cité dans Kebbe & Vinter, 2013). Dans la revue de la littérature, l'on retrouve surtout des études sur le sens de l'exploration visuelle en fonction des cultures arabes et occidentales (Fagard & Dahmen, 2003). Il semble que les caractéristiques directionnelles des langues, mises en relief lors de la lecture et de l'écriture, affectent différents aspects du comportement perceptif des individus. Différentes études ont montré l'effet des habitudes de lecture sur les tâches directionnelles non verbales telles que la bissection de lignes (Chokron & de Agostini, 1995 ; Fagard & Dahmen, 2003). D'après Hebb (1949, cité dans Kebbe *et coll.*, 2014), la direction choisie par les processus visuels est en lien étroit avec les habitudes de lecture. Ceci a été démontré par Pollatsek, Bolozky, Well & Rayner (1981) à travers une tâche de reconnaissance visuelle de mots, administrée à des individus lisant l'anglais ou l'hébreux. Les mots anglais étaient nettement mieux reconnus dans l'hémichamp visuel droit alors que les mots hébreux étaient mieux reconnus dans l'hémichamp visuel gauche. Ce dernier résultat a été de même retrouvé pour les

mots arabes (Roman & Pavard, 1987). Etant donné que la reconnaissance des mots est optimale lorsque la fixation initiale est légèrement à gauche plutôt qu'à droite du centre du mot dans le système latin (Nazir, Heller & Sussmann, 1992), Farid & Grainger (1996) se sont intéressés à étudier les hypothèses pouvant expliquer ceci : (a) la spécialisation hémisphérique, (b) les habitudes de lecture, ou (c) les variations de la contrainte lexicale. Ainsi, ils ont comparé les effets de la position initiale de fixation des yeux dans les mots avec préfixes et suffixes en français et en arabe chez des bilingues arabo-français et des monolingues français. Les résultats montrent que, contrairement aux hypothèses de spécialisation hémisphérique et d'habitude de lecture, la moyenne des courbes de fixation initiale pour l'arabe sont symétriques et dépendent de la structure morphologique des stimuli, prêtant ainsi soutien à l'hypothèse de la contrainte lexicale. Les mots avec préfixes produisaient un avantage vers la gauche (fin de mot) alors que les mots avec suffixes produisaient un avantage vers la droite (début de mot). L'influence de la structure morphologique des mots français est beaucoup moins prononcée que celle pour les mots arabes.

Heath, Rouhana & Ghanem (2005) ont testé le biais directionnel à travers l'épreuve de visage chimérique⁸ chez quatre groupes de sujets : le premier groupe n'a connu que l'alphabet latin (de gauche à droite), le deuxième n'a connu que l'alphabet arabe (de droite à gauche), le troisième a connu les deux alphabets et le quatrième n'a aucune expérience de script directionnel. Les résultats montrent que le biais directionnel est trouvé à gauche chez le premier groupe (lecteurs de l'alphabet latin), mixte ou légèrement vers la droite chez le deuxième groupe (lecteurs de l'alphabet arabe), intermédiaire chez le troisième groupe (lecteurs des deux alphabets) et légèrement vers la gauche chez le quatrième groupe (les analphabètes). Le balayage visuel a été de même observé par Nachshon & Alek (1981) chez des sujets anglais, hébreux et arabes dans une tâche de réarrangement d'une série de blocs suite à une présentation précédente de stimuli visuels placés horizontalement. Les résultats montrent une préférence d'exploration visuelle gauche- droite chez les Anglais, une préférence d'exploration droite-gauche chez les Arabes et une absence de préférence claire chez les Hébreux. Ce dernier résultat pourrait être expliqué par le fait suivant : bien que le style de l'écriture hébraïque soit non-cursif de droite à gauche, chaque lettre s'écrit isolément de gauche à droite. D'après Nachshon & Alek (1981), les préférences directionnelles de gauche à droite chez les lecteurs hébreux sont plus faibles que celles des lecteurs anglais probablement parce que les sujets hébreux acquièrent des habitudes de lecture (de droite à gauche) et d'écriture (de gauche à droite pour la production de la lettre isolée) contradictoires ; alors que les sujets anglais acquièrent des habitudes cohérentes de lecture et d'écriture (les deux allant dans la direction Gauche- Droite). L'arabe comme l'hébreu, s'écrit et se lit de droite à gauche. Par conséquent,

⁸ Le test des visages chimériques asymétriques est l'instrument standard pour examiner le biais asymétrique dans la perception de l'émotion faciale, vu qu'il est exempt d'éléments linguistiques. Un visage chimérique correspond à un visage expressif composé de deux mêmes héli-visages accolés en miroir. Un participant humain doit juger de l'intensité émotionnelle entre un visage chimérique gauche/gauche et un visage chimérique droit/droit. Si le visage gauche/gauche est préféré, cela indique une spécialisation de l'hémisphère droit dans l'expression des émotions (Wallez & Vauclair, 2013). Ce test a été développé par Cambell (1978) et adapté par Heller et Levy (1981) et Levy, Heller, Banich et Burton (1983b).

on aurait pu s'attendre à ce que la performance des lecteurs arabes ressemblerait à celle des lecteurs hébreux sur les tâches directionnelles. Toutefois, les résultats dévoilent que les préférences droite-gauche sont significativement plus fortes et plus cohérentes chez les lecteurs arabes que chez les lecteurs hébreux.

Les caractéristiques directionnelles des langues affectent également différents aspects du comportement moteur des individus. Des asymétries comportementales ont été notées dans les règles graphiques qui spécifient la localisation du point de départ de la trace, la direction de progression et le séquençage du mouvement (Goodnow & Levine, 1973 ; Wong & Kao, 1991 ; van Sommers, 1984). Ceci a été de même révélé dans la vitesse de production de points chez des enfants français et tunisiens (qui écrivent en arabe) (Fagard & Dahmen, 2003). Dans cette tâche, il est demandé de remplir des points, ligne par ligne, le plus vite possible dans les deux directions d'écriture. Les résultats ont montré que les deux groupes réalisent la tâche plus rapidement lorsque le sens de traçage des points coïncide avec la direction de leur système graphique.

L'étude de Kebbe (2012) montre que la directionnalité des habitudes de lecture influence les activités motrices directionnelles, surtout lorsque la tâche est exécutée avec la main dominante. En effet, le biais directionnel à gauche et la progression de la gauche vers la droite sont notés chez des sujets ayant des langues écrites de gauche à droite (comme les Français), alors que cette tendance est inversée dans les cultures où l'écriture se fait de droite à gauche (comme chez les Syriens). Goodnow & Levine (1973) ont suggéré que la variable qu'il faut prendre en considération n'est pas uniquement la direction générale de la ligne sur la page mais la direction horizontale pour écrire chacune des lettres. En effet, les enfants hébreux et anglais préfèrent tracer les traits horizontaux de la gauche vers la droite car les deux SG utilisent l'orientation gauche-droite pour tracer chacune des lettres. Lieblich (1975), en comparant le traçage des traits des enfants arabes à celui des enfants hébreux, a constaté que les enfants arabes dessinent les traits horizontaux de la droite vers la gauche avec un pourcentage supérieur à 80 %. Le même pourcentage a été noté chez les enfants hébreux mais avec une orientation allant de la gauche vers la droite. Le facteur central qui semble affecter la direction du tracé est la nature du script qui contient à la fois la direction générale du script et la direction pour tracer les traits consécutifs des lettres.

1.4.2.2 L'écriture en miroir

L'écriture en miroir, appelée aussi l'écriture spéculaire, correspond à une variété d'écriture qui s'exécute dans une direction opposée au sens conventionnel du système graphique envisagé et où l'orientation des lettres est inversée (Schot, 2007). Les manifestations de cette écriture sont hétérogènes selon la population étudiée : elle peut apparaître sous une forme partielle avec l'inversion de l'orientation de certaines lettres ou de façon transitoire dans le développement typique des enfants entre 3 et 7 ans (Cornell, 1985, cité dans Portex, 2017). Pour Fischer, Mills & Shaki (2010), elle est due à une connaissance implicite de la direction de l'écriture des lettres majuscules par l'enfant de 5 ou 6 ans. Son hypothèse semble affiner les théories de l'apraxie directionnelle (Della Sala & Cubelli, 2007). L'écriture en miroir peut également être retrouvée chez des adultes atteints de lésions des régions périphériques de l'hémisphère gauche (Tashiro,

Matsumoto, Hamada, & Moriwaka, 1987 ; Wang, 1992). Elle peut être provoquée en demandant au scripteur d'écrire avec sa main non dominante (les yeux étant ouverts ou fermés) ou bien en lui demandant d'écrire simultanément avec leurs deux mains.

L'écriture en miroir a été montrée chez des enfants exposés à un système d'écriture de gauche à droite en leur demandant d'écrire dans la direction opposée (Cornell, 1985 ; Fischer & Tazouti, 2012). Cette contrainte spatiale, qui exige une direction topocinétique opposée à la direction conventionnelle du système graphique envisagé, provoque l'apparition de l'écriture en miroir dans la direction droite-gauche. Plus récemment, un effet de la direction de l'écriture sur la nature des erreurs en miroir a été démontré (Fischer, 2017a, Portex, Hélin, Ponce & Foulon, 2018) : la contrainte spatiale ayant une direction gauche-droite induit des erreurs en miroir au niveau des caractères orientés à gauche, alors que la contrainte spatiale droite-gauche provoque des erreurs au niveau des caractères orientés à droite.

Notons que selon la théorie du « recyclage neuronal » de Dehaene (2007), l'écriture en miroir, souvent produite sans en avoir conscience chez l'enfant en début d'apprentissage, serait également liée aux propriétés du système visuel qui « force à symétriser les objets qu'il voit » (Dehaene, 2007, p. 346). De ce fait, ce qu'il apprend dans une orientation est aussitôt généralisé par « symétrisation » en miroir, grâce aux neurones d'une aire connue sous le nom d'« aire de la forme visuelle des mots ». Pegado, Nakamura, Cohen & Dehaene (2011) ont en effet montré que cette aire joue un rôle dans la distinction de l'orientation gauche-droite des lettres isolées, mais ne module pas l'identité d'une image par rapport à son miroir. Autrement dit, l'apprentissage de l'écriture et de lecture « casserait » ce processus naturel de symétrisation du système visuel (pour permettre de différencier notamment le b du d, ou le p du q) et diminuerait en conséquence la production de lettres en miroir. Il est très possible que la direction du système graphique participe à ce processus de « cassure » de la symétrie au niveau perceptif et moteur. Si tel est le cas, l'apprentissage simultané de SG dont le sens s'oppose pourrait perturber ce processus de « cassure » de symétrisation et augmenterait la tendance à produire des lettres en miroir.

I.5 SYNTHÈSE DU CADRE THÉORIQUE

Les Libanais baignent dans un contexte culturel où deux langues et deux scripts se côtoient. Le terme de bigraphisme a été adopté dans ce travail de thèse pour faire référence à ce contexte culturel où deux langues et deux SG sont utilisés. Le sujet bigraphe est capable de produire à l'écrit un texte avec le SG relatif à la langue considérée. La racine *graph* dans le terme bigraphisme met en relief les mouvements graphiques qui sont requis pour la production des SG.

Les SG arabe et latin se différencient à plusieurs niveaux (Matta-Abizeid, Tabsh-Nakib, Younes-Harb, Ghantous-Faddoul & Albaret, 2017), notamment au niveau :

- Du type d'écriture qui est semi-cursif pour le SG arabe et cursif pour le SG latin. Nous signalons toutefois que chez le sujet adulte écrivant le SG latin, un type mixte peut être relevé du fait de la personnalisation de l'écriture ;

- De la forme des lettres : le SG latin met en jeu des lettres qui maintiennent une forme unique quelle que soit leur position dans le mot, tandis que le SG arabe use de lettres dont la forme change selon leur position dans le mot (Ghaleb *et coll.*, 2015) ;

- De la casse : Théoriquement, le SG arabe est monocalméral vu le fait qu'il ne comporte pas de majuscules et de minuscules alors que le SG latin est bicaméral vu qu'il a deux casses pour chaque lettre (exemple : A/a, B/b, etc.). Cependant, dans le SG latin, le sujet choisit la casse dans laquelle il veut écrire et ne mélange pas les casses, sauf pour la première lettre de la phrase ou celle des noms propres. En arabe, même s'il n'y a pas de majuscules et de minuscules, les formes des lettres changent dans le mot.

De plus, l'écriture de l'arabe est constituée de formes basiques plus diversifiées que celles du français, incluant des formes rectilignes et angulaires, donnant l'impression de cassure dans les traits. La *Kashida* donne un aspect horizontal, vu l'étalement dû au lien entre les lettres. L'écriture du français est connue pour être plus courbée et fluide. Les ascendants et descendants lui donnent un aspect plutôt vertical, vu l'étalement des lettres vers le haut et vers le bas.

Donc, même s'il existe des ressemblances entre les deux SG au niveau de certaines formes basiques, ces dernières divergent au niveau du sens de leur orientation graphique et nécessitent donc des mouvements différents (voir tableau 8).

Tableau 8: Exemples de lettres semblables au niveau de la forme basique mais différentes au niveau du sens d'orientation

Lettres françaises	Lettres arabes
L	ل
i	ذ
e	و
o	ة
S	ي

Les différences qui nous importent le plus au niveau de ces deux SG concernent la direction générale de l'écriture et du sens de rotation des lettres circulaires. Nous rappelons que les deux systèmes engagent des sens graphiques inverses : une progression du tracé de droite à gauche pour l'arabe versus de gauche à droite pour le français et un sens horaire pour les boucles en arabe versus un sens anti-horaire pour celles en français. Ainsi, la direction des mouvements pour tracer les traits, effectuer les boucles et se déplacer dans l'air est assez divergente entre ces deux SG. Cette opposition de sens d'écriture a très probablement des conséquences sur la programmation motrice des mouvements graphomoteurs dans les deux SG.

D'après les approches traditionnelles du contrôle moteur, l'exécution des mouvements d'écriture sur le papier est effectuée en suivant 3 étapes : Le choix de l'allographe, le pattern moteur graphique et l'initiation motrice.

Le programme moteur est composée de paramètres invariants qui assurent la régularité dans le mouvement. Il s'agit de l'ordre des séquences du mouvement, de la forme globale de la lettre (Homothétie spatiale/ équivalence motrice), de la structure temporelle relative (Phasing relatif), de la relation directe entre grandeur et vitesse (Isochronie) et de la loi puissance 2/3. Il existe d'autres paramètres variants tels que la taille, la vitesse, la durée des traits, la force, le

groupe musculaire impliqué et le choix de l'allographe. Les paramètres invariants correspondent à des représentations de haut niveau stockées au niveau central contrairement aux paramètres variants qui eux seraient directement dépendants des contraintes plus périphériques (Teulings & Schomaker, 1993).

Quant à la variabilité au niveau de la taille de l'unité de base, elle a amené certains auteurs à conclure qu'il n'y a pas une seule unité de base de programmation de l'écriture ; par contre, l'unité de base peut dépendre de la forme de la sortie (output) (van Galen, 1991).

L'écriture des lettres dépend d'une grammaire de l'action qui détermine l'ordre et la direction du tracé. L'écriture cursive exige un respect de l'ordre des traits afin d'assurer l'enchaînement entre les lettres. Les lettres les plus simples sont faiblement recourbées alors que celles les plus complexes requièrent de nombreux changements de directions. Les lettres latines peuvent être regroupées en quatre familles en fonction de la similitude des patrons de coordinations nécessaires pour leur production. En ce qui concerne l'écriture arabe, la majorité des lettres sont liées entre elles au sein d'un même mot, d'autres sont séparées divisant le mot en plusieurs morceaux appelés « sous-mots » (PAW). Les signes diacritiques associées aux lettres isolées mènent le scripteur à effectuer de nombreux levers de la main. Les lettres arabes sont regroupées en dix familles sur la base de l'isomorphisme du mouvement.

L'historique de l'évolution de l'écriture montre que les SG n'ont pas adoptés les mêmes directions de l'écriture. Il semble qu'elles étaient en lien avec le matériel utilisé, la posture requise pour contrôler l'inscription et la valeur « spirituelle » attribuée à l'acte d'écrire. Sirat (1987) note que la direction de l'écriture est peu importante lorsque chaque trait est dessiné à part et lorsque chaque mouvement est indépendant du mouvement suivant. L'importance du choix de la direction se révèle lorsque les mouvements s'enchaînent pour effectuer des traits qui sont reliés. Ainsi, pour que l'écriture soit fonctionnelle, elle doit s'adapter au matériau, à l'instrument et à la posture du scripteur.

Les caractéristiques directionnelles des langues qui sont mises en relief lors de la lecture et de l'écriture affectent les aspects du comportement perceptif et moteur des scripteurs. Le facteur central qui semble affecter la direction du tracé est la nature du script qui contient à la fois la direction générale du script et la direction pour tracer les traits consécutifs des lettres.

L'orientation inversée des lettres se manifeste lors de l'écriture en miroir qui s'exécute dans une direction opposée au sens conventionnel du SG envisagé. Selon la théorie du « recyclage neuronal », l'écriture en miroir serait en lien avec les propriétés du système visuel qui procède par « symétrisation » en miroir de la forme visuelle des lettres. L'apprentissage de l'écriture et de la lecture « casserait » ce processus naturel de symétrisation du système visuel et diminuerait la production de lettres en miroir. L'apprentissage simultané de deux SG opposés par la direction pourrait perturber ce processus de « cassure de symétrisation » et augmenter la fréquence de production de lettres en miroir.

II. QUESTIONS DE RECHERCHE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL EXPERIMENTAL

Les procédures motrices appropriées pour écrire l'arabe et le français sont clairement différentes, en particulier à cause du sens opposé d'écriture des deux SG. Au moment d'écrire, un bigraphe doit donc sélectionner les commandes motrices qui sont adaptées à la langue qu'il écrit. Dans cette optique, l'interférence graphique, en situation de copie de mots ou de phrases dans l'une ou l'autre des langues, pourrait se produire au niveau de la sélection des programmes moteurs de l'écriture. Il est possible que des « conflits » apparaissent lors de la sortie motrice finale.

La question qui se pose est de savoir si les sujets bigraphes maintiennent un geste d'écriture correspondant aux représentations propres à chaque SG qu'ils emploient, ou si leur geste est plutôt imprégné de caractéristiques transférées d'un SG sur l'autre. En d'autres termes, dans quelle mesure l'écriture arabe des sujets bigraphes (Libanais) diverge-t-elle de celle des sujets monographes arabes (les Syriens par exemple) ? Est-elle imprégnée de caractéristiques transférées du SG latin ? De même, dans quelle mesure l'écriture du français des sujets Libanais diverge-t-elle de celle des sujets monographes français (les Français par exemple) ? Est-elle imprégnée de caractéristiques transférées du SG arabe ? En somme, écrit-on différemment quand on sait écrire dans deux SG ? Autrement dit, peut-on avoir un accent à l'écrit ?

Huit questions de recherche se sont posées au cours de cette thèse que nous allons aborder dans ce qui suit. Elles sont structurées de la manière suivante : une question spécifique problématisée, une description de la méthode expérimentale relative à cette question, une présentation des résultats et une discussion intermédiaire qui permettra d'introduire la question de recherche suivante.

Question 1. Comme nous l'avons déjà formulé, la première question que nous avons posée est la suivante : à l'instar de l'accent oral qu'ont les individus bilingues, existe-t-il un accent graphique à l'écrit chez les scripteurs bigraphes ? En d'autres termes, quelles sont les éventuelles interactions entre les deux SG maîtrisés par un scripteur bigraphe ? Pour répondre à cette question, nous allons comparer l'écriture de scripteurs bigraphes à celle de scripteurs monographes dans les deux SG, en focalisant dans un premier temps nos analyses sur la population la plus nombreuse et la plus étudiée : les *scripteurs droitiers*. La comparaison des écritures sera effectuée à l'aide de tablettes graphiques qui donnent des indications très précises sur le produit de l'écriture, la trace écrite, mais également sur le processus qui y a conduit, le mouvement graphique.

- **Question 1a :** Existe-t-il un accent arabe chez les Libanais qui écrivent en français ?
Comparaison des Libanais et des Français dans l'écriture du français.
- **Question 1b :** Existe-t-il un accent français chez les Libanais qui écrivent en arabe ?
Comparaison des Libanais et des Syriens dans l'écriture de l'arabe.

Question 2. Si un accent à l'écrit est effectivement présent chez les scripteurs bigraphes, est-il identifiable à la simple observation visuelle de cette écriture, sans recours aux données très précises d'une tablette graphique ? Dans la deuxième question posée dans ce manuscrit,

l'analyse se décentrera en quelque sorte du scripteur vers le lecteur de l'écriture manuscrite. Cette question vise notamment à déterminer si la reconnaissance de l'écriture manuscrite varie en fonction de l'expertise dans un seul ou dans les deux SG.

Question 3. La troisième question nous a conduite au-delà de la trace écrite et du mouvement qui l'a produite pour nous amener vers la façon de tenir le stylo pour écrire les deux langues. Pour introduire cette question, nous avons d'abord rapporté des notions théoriques relatives au sens d'écriture et à la façon d'écrire.

- **Question 3a.** Dans un premier temps, nous avons comparé l'orientation et l'inclinaison du stylo chez des scripteurs monographes D qui ne savent écrire qu'en arabe (des Syriens) ou en français (des Français) pour savoir quelle est la tenue « naturelle » du stylo dans les deux sens, quand elle n'est pas influencée par le bigraphisme.

- **Question 3b.** Nous avons étudié dans un second temps la tenue du stylo des bigraphes D (des Libanais) quand ils écrivent en français et en arabe pour comprendre comment ils adaptent leur posture manuelle aux deux sens d'écriture qu'ils maîtrisent. Adoptent-ils une tenue de stylo unique pour les deux langues ou une tenue spécifique à chacune ?

- **Question 3c.** Finalement, nous avons comparé les Libanais aux Français et aux Syriens dans chaque langue pour savoir si le fait d'être bigraphe modifie la façon de tenir le stylo.

- **Question 3c' :** comparaison des Libanais et des Français en français

- **Question 3c'' :** comparaison des Libanais et des Syriens en arabe

Les trois premières questions abordées jusqu'ici n'ont concerné que les scripteurs D, mais questionner la tenue du stylo en fonction du sens d'écriture, c'est déjà indirectement entrer dans des considérations d'ordre biomécanique qui interrogent une autre composante importante de l'écriture : sa relation avec la latéralité manuelle. Nous sommes revenues à l'étude de l'écriture mais en introduisant une autre catégorie de scripteurs : *les gauchers*. Cette question de la latéralité manuelle est très pertinente quand on la pose en relation avec le sens de l'écriture. Avant d'aborder la question 4, nous sommes revenus à quelques concepts théoriques importants nous permettant de cheminer dans notre réflexion.

Question 4. Quelles relations entre la latéralité manuelle et le sens d'écriture ? Cette étude vise à déterminer si un sens d'écriture est plus approprié qu'un autre en fonction de la latéralité manuelle. Elle se décompose en deux sous-questions où la latéralité manuelle est comparée dans une langue et pour deux populations données. La langue d'abord étudiée a été le français car c'est celle pour laquelle les données théoriques sont les plus abondantes.

- **Question 4a.** Etude de la latéralité manuelle **en français**.

- **Question 4a' :** les Français D écrivent-ils mieux que les Français gauchers ?

- **Question 4a'' :** les Libanais D écrivent-ils mieux que les Libanais gauchers ?

Les mêmes questions auraient dû être ensuite posées pour la langue arabe, en renversant les propositions relativement à la latéralité pour des raisons théoriques qui seront préalablement abordées, mais la comparaison entre monographes syriens D et G n'a pas pu être réalisée faute d'un effectif suffisant de scripteurs syriens G. Nous nous sommes donc limités à la question suivante :

- **Question 4b.** Etude de la latéralité manuelle **en arabe**. Les Libanais gauchers écrivent-ils mieux que les Libanais droitiers ?

Question 5. Si le sens d'écriture interagit avec la latéralité manuelle, alors qu'en est-il de l'accent du bigraphe ? Est-il lui-même modulé selon la latéralité manuelle ? Autrement dit, si écrire dans un SG favorise une main par rapport à l'autre, les interférences entre SG sont-elles les mêmes selon la main qui écrit ?

Nous avons donc regardé si l'accent arabe des Libanais G qui écrivent en français a les mêmes caractéristiques que celui que nous avons observé chez les Libanais D. Il aurait été intéressant également de regarder ce qu'il en est de l'accent français des Libanais G quand ils écrivent en arabe, en les comparant à des Syriens G, mais pour la raison évoquée plus haut, cela n'a pas été possible. Nous ne répondrons donc que partiellement à cette cinquième question.

Question 6. Comme nous l'avons fait avec les D dans la question 3, nous avons aussi questionné la tenue du stylo chez les scripteurs G. En particulier, chez les scripteurs bigraphes libanais, nous nous sommes demandé si les G ont une orientation du stylo symétrique de celle des D (par rapport à grand axe de la feuille) et si elle change d'une langue à l'autre.

- **Question 6a :** Cela nous a amené à comparer la tenue du stylo des Libanais G quand ils écrivent en français et en arabe.
- **Question 6b :** Nous avons ensuite étudié l'adaptation au bigraphisme de la tenue du stylo des G libanais en la comparant à celle des Français G. Cette adaptation dans le système latin n'a pas pu être questionnée pour le SG arabe.

Question 7 : Pour approfondir les analyses sur la tenue du stylo, nous avons étudié les postures (droite et inversée) des scripteurs dans les systèmes latin et arabe. S'il est bien établi que, dans le SG latin, les G adoptent régulièrement une posture inversée, nous nous sommes demandé s'il existe un phénomène équivalent chez les D qui écrivent l'arabe.

Question 8 : Cette ultime question vise à lier les précédentes questions relatives à la tenue du stylo et la manière d'écrire. Nous avons tenté de faire le lien entre les caractéristiques de l'écriture produite, en termes de trace écrite et de mouvement graphique, et les différentes façons de tenir le stylo que nous avons observées dans toutes les populations de scripteurs. En particulier, les différences d'écriture observées entre bigraphes et monographes sont-elles corrélées aux différences d'orientation du stylo qui existent entre les deux populations ?

- **Question 8a :** corrélations entre l'orientation du stylo et la largeur du tracé chez les Français et Libanais droitiers et chez les Français et Libanais gauchers ;
- **Question 8b :** corrélations entre l'orientation du stylo et la hauteur du tracé chez les Syriens et Libanais droitiers.

III. PRESENTATION DE LA POPULATION GENERALE

La sélection de l'échantillon ne s'est pas faite au hasard, elle a été raisonnée et longuement réfléchie. En effet, les participants devaient répondre à certains critères pour faire partie de l'échantillon de cette étude.

Les critères d'inclusions étaient :

- Adultes âgés entre 20 et 45 ans,
- Dépourvus d'affection médicale ou neurodégénérative,
- Pour les bigraphes libanais, les personnes doivent maîtriser et écrire les deux SG,
- Pour les monographes français et syriens, les participants doivent continuer à écrire le SG correspondant,
- Absence de dysgraphie aux tests suivants : Test d'évaluation rapide de l'écriture BHK-ado (Soppelsa & Albaret, 2013) (voir [annexe A](#)) et/ou au STAKIA (voir [annexe B](#)) سَلَم تقييم الكتابة العربية (Matta-Abizeid *et coll.*, soumis).

En ce qui concerne le recrutement de la population, la totalité de la population bigraphe libanaise a été recrutée grâce aux contacts personnels, les scripteurs étant des collègues ou des connaissances répondant aux critères d'inclusion de l'étude. Ainsi, nous nous sommes adressés à des étudiants de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth et de l'Université Libanaise, notamment ceux suivant un cursus en droit, en traduction ou en orthophonie vu qu'ils prennent des cours en français et en arabe. Pour les participants français, il s'agissait d'étudiants en Master, des doctorants ou des chercheurs en neurosciences. Les participants syriens étaient des étudiants en Master de psychomotricité. Nous notons ainsi que ces groupes de scripteurs utilisent l'écriture manuscrite latine et/ou arabe assez régulièrement.

Tous ces participants ont été soumis à un questionnaire initial intitulé « les Habitudes d'écriture de l'arabe et/ ou du français » (voir [annexe C](#)) en vue de préciser notamment :

- L'absence de toute affection médicale ou neurodégénérative,
- L'âge d'acquisition de chacun des SG et les conditions temporelles d'apprentissage des SG,
- La fréquence d'écriture (jours/ semaine) qui correspond au nombre de jours où les scripteurs écrivent dans un SG, peu importe la durée,
- La quantité de production graphique dans chacun des systèmes en question : il s'agit de l'estimation du nombre de pages (format A4) écrites par jour pour chaque système graphique,
- Leur motivation pour écrire dans un SG particulier (pour la population bigraphe).

L'inventaire de latéralité d'Edinburgh (voir [annexe D](#)) a été administré en vue de nous assurer de la dominance manuelle des participants.

Une élimination préliminaire de tout diagnostic de dysgraphie a été entreprise et ce par le biais de la passation d'échelles relatives à l'évaluation de l'écriture, soit l'Échelle d'évaluation rapide de l'écriture BHK-ado (Soppelsa & Albaret, 2013) pour le SG latin d'une part et le

Soullam Takyim Al Katiba Al Arabiya-STAKIA (Matta-Abizeid *et coll.*, soumis) pour le SG arabe. Le seuil pour déterminer la dysgraphie a été établi à + 2 déviations standards de score de dégradation pour la qualité de l'écriture (le score de vitesse n'étant pas encore étalonné pour le score de vitesse). Ainsi, tous nos participants ont une écriture lisible.

Un total de 127 scripteurs a été enregistré (voir figure 11). Ils sont répartis de la manière suivante :

- 38 scripteurs libanais bigraphes :
 - 21 D (25 ans 6 mois $\pm$ 9 ans 3 mois) ;
 - 14 G à posture droite (22 ans 5 mois $\pm$ 3 ans) ;
 - 3 G à posture inversée (21 ans 3 mois $\pm$ 6 mois) ;
- 60 scripteurs monograpes français :
 - 39 D (26 ans $\pm$ 7 ans 1 mois) ;
 - 11 G à posture droite (21 ans 1 mois $\pm$ 2 ans 8 mois) ;
 - 10 G à posture inversée (20 ans 6 mois $\pm$ 2 ans 7 mois) ;
- 29 scripteurs monograpes syriens :
 - 22 D à posture droite (27 ans 3 mois $\pm$ 4 ans 1 mois) ;
 - 5 D à posture inversée (25 ans 8 mois $\pm$ 1 an) ;
 - 2 G à posture droite (28 ans $\pm$ 2 ans 8 mois).

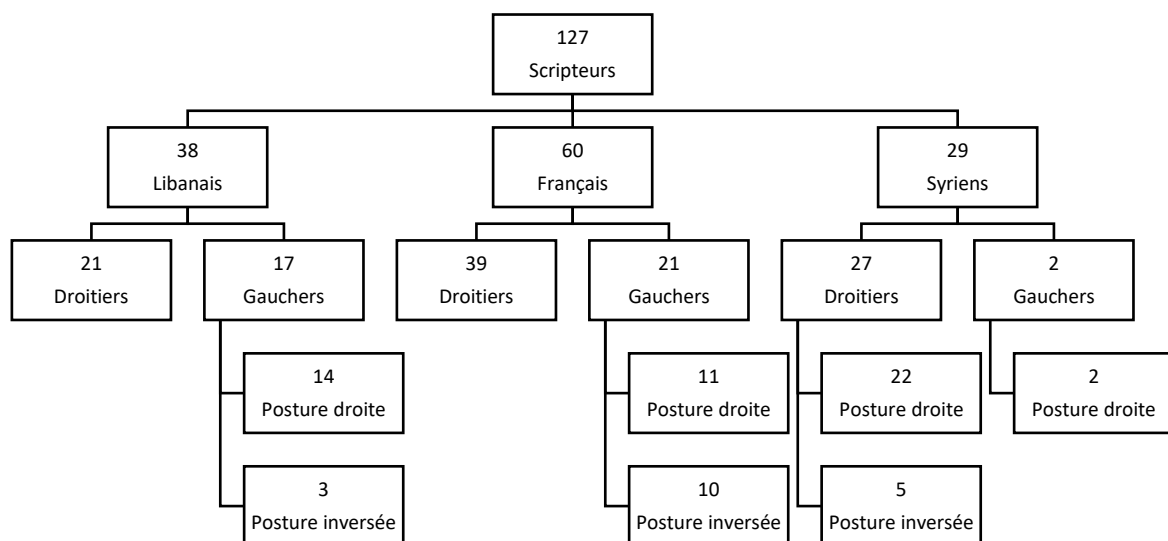


Figure 11: Présentation de la population générale

Il est important de noter ici qu'en toute rigueur méthodologique, la question qui porte spécifiquement sur le bigraphisme et non sur le bilinguisme aurait dû nous amener à sélectionner des scripteurs monograpes bilingues pour constituer les groupes contrôles, idéalement des Libanais qui ne savent écrire que dans un seul des deux SG. Mais pour des raisons de faisabilité et de proximité culturelle rapporté dans le chapitre sur « Le contexte libanais », notamment en lien avec le mode d'apprentissage de l'écriture manuscrite similaire entre la France et le Liban, ainsi qu'entre le Liban et la Syrie, nous avons décidé de sélectionner des Français et des Syriens qui sont monograpes monolingues tout en sachant qu'il ne sera

pas possible de conclure sur l'effet spécifique du bigraphisme, indépendamment du bilinguisme.

IV. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE EXPERIMENTALE

Cette étude a reçu l'approbation du Comité d'éthique (USJ-2014-37) (voir [annexe E](#)).

IV.1 TACHE ET MATERIEL

Afin de souligner les éventuelles interférences, l'expérience a consisté à proposer des situations habituelles d'écriture. La tâche a consisté à copier dans chacune des langues des mots en français et en arabe.

Les 5 mots français qui ont été choisis dans notre protocole sont les suivants : « quantité », « déjà », « expérience », « ambiguïté », « tête ».

Pour les 5 mots arabes, il s'agit de : الصَّحِيَّة - إِنْشِغَال - كَيْفِيَّة - اسْتِطَاعَة - الْخَزَائِن

Pour effectuer ce choix, nous nous sommes basés sur la fréquence d'utilisation de ces mots dans la langue écrite, d'une part, et sur leurs caractéristiques graphiques, d'autre part. Ces dernières incluent notamment :

- L'isomorphisme des mouvements : Le choix des mots répond à notre souci de représentativité de l'intégralité des programmes moteurs (voir partie « Comment sont programmés les mouvements graphiques », p.40 et 42). Les lettres rares, non présentes dans les mots choisis, sont quand même représentées de par le regroupement selon la catégorie du programme moteur auquel elles appartiennent.
- Le nombre de caractères et de levers : Des similarités de complexité entre les mots français et les mots arabes ont été prises en compte, notamment à l'égard du nombre de caractères et du nombre de levers, et ce, sur l'ensemble des mots afin de permettre la réalisation de comparaisons.

Nous exposerons dans le tableau 9 les caractéristiques relatives aux mots choisis en français et en arabe.

Tableau 9: Présentation des 5 mots arabes et des 5 mots français du protocole

Mots français	Nombre de caractères	Nombre minimum de levers	Mots arabes	Nombre de caractères	Nombre minimum de levers
quantité	8	6	الخزائن - /alχaza:ʔin/- alkhazaen	7	8
expérience	10	5	الصَّحِيَّة - /ʔassuhijja/- alsohiya	7	5
déjà	4	5	إِنْشِغَال - /ʔinʃiɣa:l/- inchighal	6	6
tête	4	4	اسْتِطَاعَة - /ʔistiTa:ʕat/- istitaat	7	6
ambiguïté	9	7	كَيْفِيَّة - /kajfijjat/- kayfiya	6	6
5 mots français	35 caractères	27 levers	5 mots arabes	33 caractères	31 levers

- Les monographes arabe (les Syriens) ont écrit les 5 mots arabes,
- Les monographes français (les Français) ont écrit les 5 mots français,
- Les bigraphes arabe/français (les Libanais) ont écrit les 5 mots français et les 5 mots arabes.

Procédure expérimentale

La passation expérimentale s'est déroulée dans une salle calme. Les participants étaient assis sur une chaise ajustable avec les deux bras posés sur la table sur laquelle la tablette digitale était placée. La tablette était positionnée dans le prolongement de l'avant-bras et une fois positionnée au début de l'expérience, il n'était plus permis de la déplacer.

Nous avons choisi de présenter visuellement chacun des mots sur l'écran situé sur la table devant le sujet grâce au logiciel PowerPoint. Avant de passer à l'écriture, il était demandé au sujet de lire à haute voix le mot qui apparaissait dans le but d'éliminer toute surcharge cognitive relative aux stratégies de prononciation ou de subvocalisation du mot, pouvant générer des conflits, tel que l'allongement de la durée d'écriture ou des pauses dans les traits ou dans les levers. Les mots étaient séparés par une diapositive vide afin d'effacer toute trace visuelle ou représentation graphique du mot pouvant solliciter certaines représentations mentales du mot précédent.

Les bigraphes libanais ont été invités à copier les deux séries de mots dans les deux langues. Nous avons prêté attention à ce que les deux listes soient présentées en « bloc » pour éviter d'induire de l'interférence entre les deux systèmes. Pour la moitié des participants bigraphes, la copie de la série de mots français était demandée en premier suivie par la série de mots arabes. Pour l'autre moitié, l'ordre était inverse.

Les mots étaient écrits sur une feuille placée sur la tablette, à l'intérieur de cases rectangulaires délimitées à l'avance. La hauteur de chaque case est de 0,7 cm, sa largeur est de 6.5 cm. L'instruction était d'écrire à vitesse habituelle tout en restant dans le rectangle dessiné sur la feuille.

Une tablette graphique Wacom 5 Pro Large de format A4 a été utilisée pour enregistrer les données. Il s'agit d'un périphérique de saisie sur lequel est fixé un support papier et qui est associé à un stylet spécifique. Cette tablette permet d'enregistrer l'écriture dans des conditions très écologiques, avec comme intérêt principal le maintien des caractéristiques du mouvement d'écriture et l'analyse de la trajectoire spatiale. Elle utilise une technologie électromagnétique : en effet, la surface active de la tablette est constituée d'un maillage extrêmement fin de bobines électriques réparties selon les axes x et y. Le stylet renferme également une autre bobine de fil de cuivre. Lorsque la tablette est en fonctionnement, il y a circulation d'un courant alternatif dans ses bobines, ce qui engendre un champ magnétique. En ce qui concerne la bobine présente dans le stylet, elle est excitée quand celui-ci s'approche de la tablette ; de la sorte, un courant indiquant avec précision la position du stylet est généré. La tablette graphique Wacom 5 Pro Large possède une très bonne précision spatiale, de l'ordre de 0,25 mm. Sa résolution temporelle est également très poussée, avec une fréquence d'échantillonnage de 200Hz. Par ailleurs, le signal magnétique ne se limite pas à la tablette elle-même, mais s'étend jusqu'à 6

mm au-dessus. Par suite, les déplacements en l'air du stylet peuvent être enregistrés, vu que la reconnaissance de ce dernier est réalisable sans aucun contact avec la tablette. En conséquence, la tablette fournit des informations relatives aux aspects spatiaux, temporels et cinématiques de l'écriture.

IV.2 RECOLTE DES DONNEES

Dans un premier temps, l'enregistrement des données se fait par le programme « Saisie Trace » (Danna, Fabiani, Gilhodes, Velay & Longcamp, soumis). Cette application permet d'enregistrer les déplacements du stylo sur la surface sensible de la tablette graphique. L'enregistrement est déclenché manuellement par l'examineur qui gère le programme pour prendre en compte le tracé du scripteur dès le début du contact du crayon avec la tablette, lors de son tracé et de ses mouvements de levers, jusqu'à l'arrêt de la copie du stimulus. Le programme enregistre alors les données du scripteur dans un fichier sous forme de coordonnées X et Y des points, de temps (ms), de pression, d'azimut et d'altitude du stylo.

Il est ensuite possible d'interpréter les coordonnées du tracé à travers un logiciel d'analyse de l'écriture. L'ensemble de nos données ont été traitées par le logiciel « Écriture Suite », développé par Danna *et coll.*, (soumis). La première étape du traitement est la segmentation. Pratiquement, l'on est tenu de repérer les segments (les traits) de début et de fin du mot que l'on veut segmenter, effacer les traits et les levers avant le premier et après le dernier trait du mot sélectionné. En bref, la segmentation permet la délimitation du début et de la fin du mot, et retient au sein du mot les traits effectués sur la tablette ainsi que les levers caractérisés par les déplacements en l'air entre ces traits. Une option intéressante du programme « Écriture Suite » est la possibilité de visualisation des traits et des levers. En effet, à l'aide d'un code couleur, il est possible de différencier les tracés au contact de la tablette (couleur) et les mouvements du stylet en l'air (gris).

À la suite de la sauvegarde des fichiers segmentés, il est possible de dégager les valeurs des différentes variables à travers la commande « Stats ». Les variables relatives aux aspects spatiaux, temporels, cinématiques et angles du stylo de l'écriture peuvent alors être analysées.

IV.3 TECHNIQUE D'ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

Etude de la Normalité

Nous avons effectué des tests de normalité afin d'étudier la distribution normale pour chacune des variables dépendantes dans le groupe expérimental et contrôle, ce qui était nécessaire pour le choix des types d'analyse statistique appropriés. Le test statistique de normalité Shapiro-Wilk a été envisagé vu que le nombre de participants recruté pour chaque sous-groupe est inférieur à 50. Suite aux résultats obtenus, nous utiliserons les tests statistiques paramétriques pour le traitement de l'ensemble de nos données.

Tests statistiques

Dans toutes les analyses de ce travail de thèse, nous avons choisi d'utiliser l'Analyse de Variance à mesures répétées pour l'analyse statistique.

Nous cherchons à comparer des moyennes obtenues par les différents groupes comparés sur la variable « mots » mesurée pour les 5 mots chez les participants concernés.

Dans l'ensemble des tests utilisés, le niveau de significativité retenu est $p < 0.05$ pour réfuter l'hypothèse nulle H_0 et accepter l'hypothèse H_1 .

Les traitements statistiques ont été réalisés avec le Statistical Package of the Social Sciences SPSS, version 23.

IV.4 VARIABLES

Variable indépendante

La variable indépendante est le facteur « Groupe » : les éventuelles différences significatives sont recherchées entre les groupes de scripteurs bigraphes et monographes (et/ou entre les D et les G), pour les mots français ou arabes, selon la question posée.

Variables dépendantes

En ce qui concerne les aspects spatiaux qui nous renseignent sur la taille de l'écriture (voir figure 12), nous étions intéressés par les variables relatives à :

- La largeur (mm) : c'est la distance horizontale entre la fin (X max) et le début du mot (X min),
- La hauteur (mm) : c'est la distance verticale entre le point le plus haut (Y max) et le point le plus bas (Y min) du mot,
- La longueur des traits (mm) : il s'agit de la somme des distances euclidiennes entre des points successifs lorsque le stylo est en contact avec la tablette.

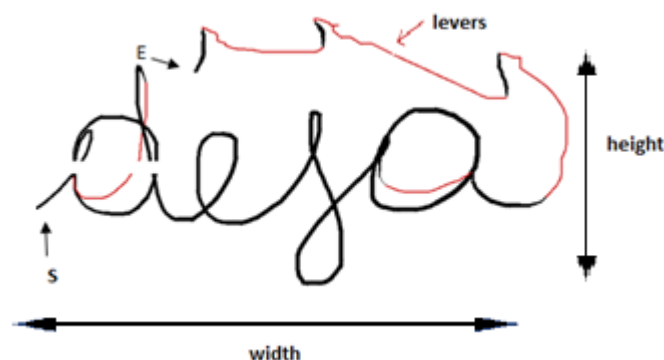


Figure 12: Description des variables spatiales calculées à partir des enregistrements pour le mot 'déjà'. Hauteur, largeur, longueur du tracé et longueur des levers entre le début (start) S et la fin (end) du mot

Pour les aspects temporels qui nous renseignent sur la durée de la performance, nous traitons les variables relatives à :

- La durée des traits (ms) : c'est la somme des durées des traits successifs. La durée de chaque trait correspond au temps écoulé entre la date de saisie du premier point et celle du dernier point du segment.
- La durée des levers (ms) : c'est la somme des durées des levers successifs. La durée de chaque lever correspond au temps écoulé entre la date de saisie du premier et celle du dernier point du lever.
- La durée totale (ms) : c'est la somme de la durée des traits et des levers.

Les aspects cinématiques quant à eux correspondent à la vitesse et à l'accélération du stylo calculées en dérivant la position en fonction du temps (dérivée première pour la vitesse et seconde pour l'accélération). A partir des variations de vitesse et d'accélération, un indice de fluidité du mouvement (SNvdp) peut être calculé. Ainsi, nous distinguons deux catégories d'analyse du mouvement à ce niveau : une première catégorie relative à la vitesse et une seconde relative à la fluidité. Nous retenons les variables suivantes :

- La vitesse des traits (mm/sec),
- Le "Signal-to-Noise velocity peaks difference". Le SNvdp est construit à partir de deux variables existantes : le « signal to noise amplitude ratio » (SNA)⁹ et le nombre de pics de vitesse. Il est calculé en soustrayant le nombre de pics de vitesse lorsque la vitesse est filtrée avec une fréquence de coupure de 5 Hz du nombre de pics de vitesse lorsque la vitesse est filtrée avec une fréquence de coupure de 10 Hz. En supprimant les pics de vitesse provoqués par les macro-fluctuations normales dues aux variations de courbure (celles observées à 5 Hz), le SNvdp peut nous renseigner sur la fluidité du mouvement correspondant à des micro-fluctuations anormales de vitesse, indépendamment de la trajectoire du stylo (Danna, Paz-Villagrán, & Velay, 2013). Le score du SNvdp est un score de dégradation, ce qui veut dire que plus le score est grand plus le tracé manque de fluidité. Cette dysfluence résulte d'un bruit « neuromoteur » ou en d'autres termes des manifestations incontrôlées du système neuromusculaire (Meulenbroek & van Galen, 1986; van Galen et al., 1993).
- Le nombre de levers entre les traits est également pris en considération.

⁹ Le SNA correspond au rapport entre les spectres d'amplitude de deux bandes de fréquence : la première (entre 0 et 5 Hz) caractérisant le mouvement commandé et la seconde (entre 5 et 10 Hz) reflétant des fluctuations non contrôlées du système moteur.

V. Question 1 : Accent graphique chez les bigraphes

La première question posée dans cette partie expérimentale est la suivante : à l'instar de l'accent oral qu'ont les individus bilingues, existe-t-il un accent graphique à l'écrit chez les scripteurs bigraphes ?

Les accents étrangers dans la langue parlée sont recherchés depuis longtemps, cependant, le fait qu'un accent étranger existe également lors de la production de l'écriture est beaucoup moins connu. Cet « accent graphique » est un domaine de recherche très intéressant pour les slavistes qui écrivent en permanence avec deux alphabets différents : le latin et le cyrillique (Meyer, 2019).

Les interférences spécifiques à l'écrit peuvent concerner plusieurs niveaux. L'apparition de lettres en miroir ou un mélange de lettres des deux alphabets dans un mot (intrusion d'une lettre de la L2 dans un mot en L1) a été observé au moment de l'apprentissage de l'écriture chez des enfants en difficulté. Alary & Brun (2017) ont décrit le cas d'un enfant qui avait commencé sa scolarité en arabe et qui l'a poursuivie en français. Il avait une tendance à produire des lettres en miroir et à inclure dans les mots français des lettres arabes qui sont proches des lettres latines (voir figure 13).



Il fait très beau
Je suis bien
Je vois de l'eau
Mais je ne sais pas
où elle va

Figure 13: Exemple d'interférence de l'arabe sur le français lors de l'écriture du BHK chez un enfant bigraphe français-arabe (tiré de Alary & Brun, 2017)

Également, une caractéristique remarquable a été trouvée dans l'écriture des lettres « l » et « h » chez des personnes originaires des pays d'Afrique du Nord qui ont d'abord appris à écrire en caractères arabes. Ces lettres n'avaient pas de boucle. Par contre, une courbe était tracée à coté de leur partie supérieure (Kuile-Haller, 2001). La présence de ces courbes a été interprétée par le fait que ces personnes ont tout d'abord appris à écrire l'arabe et par la suite ont eu un apprentissage de l'alphabet latin. En effet, il n'existe pas de grandes boucles dans le système graphique arabe comme c'est le cas pour le système graphique latin. Il existe, toutefois, des petites boucles qui ressemblent plutôt à la lettre « e » mais qui sont tracées dans le sens horaire.

Le mélange des deux alphabets peut également se traduire par la déformation de la lettre ou l'insertion d'un trait dans une lettre. Cela a été observé dans des textes de l'antiquité, rédigés par des scribes au moment du passage de l'écriture grecque à l'écriture latine : la forme de certaines lettres latines était encore influencée par les lettres grecques (Cavallo, 1988). Dans ce cas, ces interférences portent sur la forme des lettres et sont donc visibles à l'œil nu (voir figure 13). Mais on peut aussi supposer que, sans que cela ne soit manifeste dans la trace

produite, ces interférences affectent les gestes (mouvements) graphiques. Cela pourrait se manifester par des traits tracés dans l'ordre non conventionnel ou dans un sens inhabituel, par des mouvements plus lents ou moins fluides, et peut-être également par des déplacements du stylo en l'air différents, soit entre les lettres dans un mot, soit dans les lettres elles-mêmes.

Ces interférences vont dépendre de la plus ou moins grande proximité entre les deux SG. Si la différence entre les deux SG se résume à un changement d'alphabet (de caractères), cela peut conduire à des confusions ou un mélange partiel entre les deux alphabets. Si en plus de différer par leurs caractères, les SG diffèrent aussi par le sens d'écriture, les interférences peuvent être encore plus importantes et présentes dans le mouvement d'écriture.

En effet, le sens de progression de l'écriture impose des mouvements différents qui ne mobilisent pas les systèmes musculosquelettiques de la même façon. Pour un scripteur D, écrire dans le système graphique latin, de la gauche vers la droite, est réalisé grâce à un mouvement général d'abduction (qui éloigne la main du corps). A l'inverse, pour écrire dans l'alphabet arabe, de la droite vers la gauche, il faut réaliser un mouvement général d'adduction (qui approche la main du corps). Or, à cause de contraintes neuromusculaires, les mouvements abducteurs seraient exécutés de manière plus fluide, plus rapide et plus précise que les mouvements adducteurs (Brown, Knaft, & Rosenbaum, 1948 ; Meulenbroek & Thomassen, 1992 ; Schomaker & Plamondon, 1990 ; Reed & Smith, 1961). Chez les bigraphes D, ces mouvements d'abduction préférentiels coïncident avec les mouvements requis pour transcrire le système graphique latin, ce qui rendrait plus aisé l'écriture latine chez ces scripteurs. Les mouvements d'adduction sollicités lors de l'écriture de l'arabe qui ne correspondent pas aux mouvements préférentiels des scripteurs D les désavantageraient.

Problématisation

Le principal objectif de cette question est d'examiner les éventuelles interférences qui peuvent exister chez des sujets adultes bigraphes entre le latin et l'arabe. Il s'agit de savoir si les sujets bigraphes maintiennent un geste d'écriture correspondant aux représentations propres à chacun des SG qu'ils emploient, ou si leur geste est plutôt imprégné de caractéristiques transférées d'un SG sur l'autre. En somme, écrit-on différemment quand on maîtrise deux SG ?

Pour répondre à cette première question, des comparaisons seront faites chez les scripteurs D bigraphes et monographes dans les deux SG. Nous chercherons à savoir si les bigraphes arabe/français écrivent l'arabe comme des monographes en arabe et s'ils écrivent le français comme des monographes français ou bien s'ils ont un accent français quand ils écrivent l'arabe et un accent arabe en français.

Participants

Au total, 82 adultes D normo-scripteurs ont participé à cette étude. La population se scinde en trois groupes définis en fonction du critère de monographisme/bigraphisme (voir figure 14):

- Un groupe expérimental qui est composé de 21 adultes Libanais D bigraphes français-arabe. Tous adoptent pour écrire le français et l'arabe une posture standard pour les D, dite « droite ».
- Deux groupes contrôles : le premier groupe contrôle est constitué de 39 français adultes monographes. Le second groupe contrôle est composé de 22 syriens adultes monographes arabes. Ces deux groupes ont une posture « droite » de la main.

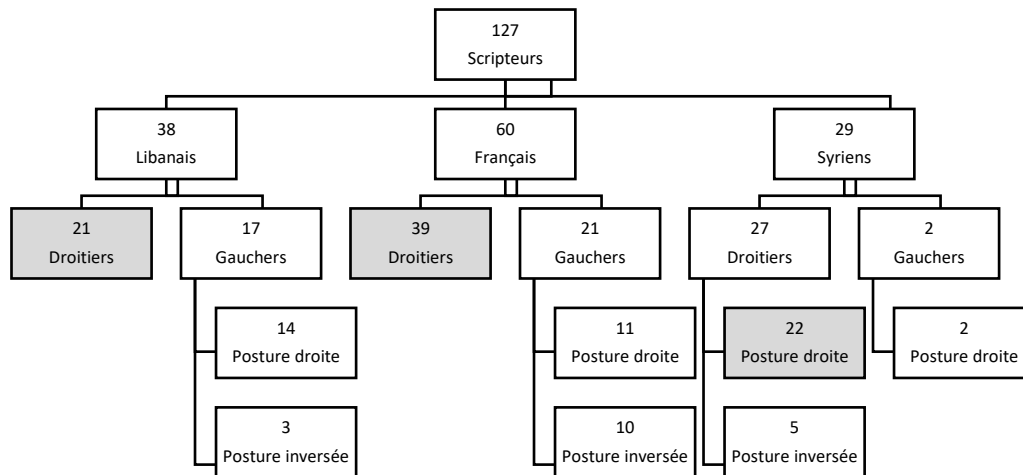


Figure 14: Présentation de la population de la question 1

Habitudes d'écriture

Dans cette partie, nous présenterons les données des analyses statistiques relatives à « la fréquence d'écriture- jour/ semaine » et au « nombre de pages écrites » obtenues suite à l'administration du questionnaire « les Habitudes d'écriture de l'arabe et/ ou du français » auprès des scripteurs D Libanais (N = 21) qui écrivent l'arabe et le français, Français (N = 39) et Syriens (N = 22). Une ANOVA à un facteur a été effectuée afin de comparer les moyennes de ces quatre groupes. Nous exposerons également le pourcentage de motivation recueilli chez les scripteurs libanais pour écrire dans chaque SG.

Fréquence d'écriture (jour/semaine) : Il existe un effet de groupe sur la fréquence d'écriture des participants ; [$F_{(3,99)} = 9.907, p < 0.001$]. Les analyses post-hoc montrent que, dans la vie quotidienne, les Libanais ont une fréquence d'inscription du français qui est supérieure à celle de l'arabe, avec des moyennes respectives de 5.25 (écart-type de 1.25) et 3.30 (écart-type de 1.89) ; ($p = 0.000$). Cette analyse post-hoc montre également une différence significative entre les Libanais et les Syriens en ce qui concerne le nombre de jours/semaine où ils écrivent l'arabe ($p = 0.000$). Le nombre de jours/ semaine où les Libanais inscrivent en arabe est inférieur à celui des Syriens, avec des moyennes respectives de 3.30 (écart-type de 1.89) et de 5.20 (écart-type de 0.68). Il n'existe pas de différence entre les Libanais et les Français concernant le nombre de jours/semaine où ils écrivent en français, avec des moyennes respectives de 5.25 (écart-type de 1.25) et de 4.27 (écart-type de 1.07).

Nombre de pages (format A4) : Il existe un effet de groupe sur le nombre de pages écrites par jour pour chaque SG ; [$F_{(3,99)} = 12.783, p < 0.001$]. Dans leur vie de tous les jours, les Libanais écrivent moins de pages en arabe par rapport aux Syriens avec des moyennes respectives de 1.15 (écart-type de 0.72) et 4.90 (écart-type de 3.30) ; ($p = 0.000$). Il n'existe aucune différence significative entre les Libanais et les Français concernant le nombre de pages écrites en français, avec des moyennes respectives de 2.15 (écart-type de 2.39) et de 1.01 (écart-type de 0.34) ni entre les Libanais entre eux quand ils écrivent l'arabe et le français, avec des moyennes respectives de 1.15 (écart-type de 0.72) et de 2.15 (écart-type de 2.39). Bien que nos participants libanais écrivent moins souvent en arabe, le nombre de pages écrites quand ils transcrivent dans ce SG est similaire à celui quand ils écrivent en français.

Nous présenterons le récapitulatif de ces caractéristiques de la population dans le tableau 10.

Tableau 10: Récapitulatif des caractéristiques de la population

	Français (N = 39)	Libanais- fr (N = 21)	Libanais- ar (N = 21)	Syriens (N = 22)
Fréquence d'écriture (jours/semaine)	4.27 (E.T : 1.07)	5.25 (E.T : 1.25)	3.30 (E.T : 1.89)	5.20 (E.T : 0.65)
Valeur du p	0.000			
	0.115		0.000	
	Français (N = 39)	Libanais- fr (N = 21)	Libanais- ar (N = 21)	Syriens (N = 22)
Nombre de pages A4/jour	1.01 (E.T : 0.34)	2.15 (E.T : 2.39)	1.15 (E.T : 0.72)	1.15 (E.T : 0.72)
Valeur du p	0.623			
	0.514		0.000	

Motivation pour écrire dans un SG particulier : Nous avons demandé aux Libanais de nous indiquer dans quel SG ils sont le plus motivés pour écrire. Plus de la moitié des Libanais sont motivés pour écrire en Français (56.3%) alors que 37.5% de cette population préfèrent écrire en arabe et 6.2% ne manifestent aucune préférence entre les deux SG (voir figure 15).

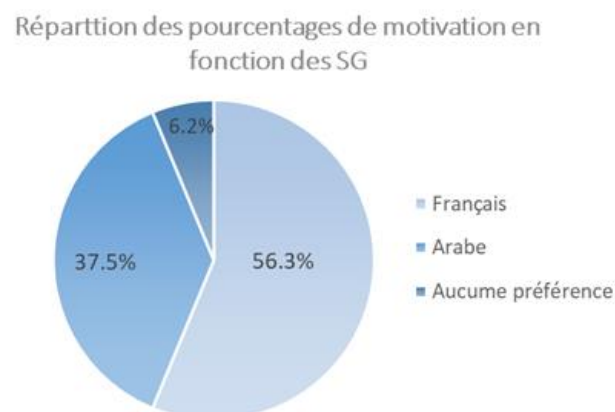


Figure 15: Répartition des pourcentages de motivation chez les Libanais en fonction des systèmes graphiques

Les données des comparaisons effectuées sur la fréquence d'inscription (nombre de lettres par minute) aux tests d'écriture (BHK/ STAKIA) seront de même exposées dans ce qui suit.

Fréquence d'inscription aux tests d'écriture (BHK/ STAKIA) : L'Independent Samples T Test effectué sur la fréquence d'inscription (nombre de caractères en 5 minutes) au test d'écriture BHK a révélé une absence d'effet du groupe ; [$t_{(54)} = - 0.809$, *ns*]. Bien que les Libanais aient une fréquence d'inscription au BHK (avec une moyenne de 585.57 car., écart-type de 116.42) qui est inférieure à celle des Français (moyenne de 605.07 caractères, écart-type de 81.25), cette différence n'est pas significative. Ce même test statistique montre également une absence de différence significative entre les Libanais et les Syriens quant à la fréquence d'inscription au test de STAKIA avec des moyennes respectives de 544 caractères (écart-type de 81.25) et de 572.48 caractères (écart-type de 116.53) ; [$t_{(45)} = - 0.503$, *ns*]. Le Paired Sample T Test montre qu'il n'existe pas une différence significative chez les Libanais entre la fréquence d'inscription au BHK et au STAKIA [$t_{(20)} = - 1.5$, *ns*].

Nous présenterons Fréquence d'inscription aux tests d'écriture en fonction de la population dans le tableau 11.

Tableau 11: Fréquence d'inscription aux tests d'écriture en fonction de la population

	En français	En arabe	Valeur du <i>p</i>
	Fréquence d'inscription BHK	Fréquence d'inscription STAKIA	
Français (N = 39)	605.07 (E.T : 81.25)		
Libanais (N = 21)	585.57 (E.T : 116.42)	544 (E.T : 81.25)	0.158
Syriens (N = 22)		572.48 (E.T : 116.53)	
Valeur du <i>p</i>	0.424	0.619	

V.1 Question 1a : Existe-t-il un accent arabe chez les Libanais qui écrivent en français ?

V.1.1 Comparaison des mots français écrits par les Libanais et les Français

Dans cette partie, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots français entre les sujets D Libanais (N = 21) et Français (N = 39). Nous rappelons que l'Analyse de Variance à mesures répétées a été utilisée afin d'effectuer ces comparaisons.

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : Il existe un effet de groupe sur la variable Largeur : Les Libanais écrivent plus grand en largeur avec une moyenne de 20.2 mm (écart-type de 2.8 mm) contre une moyenne de 18 mm pour les Français (écart-type de 3.1 mm) ; [$F_{(1,56)} = 6.694$, $p < 0.02$,

éta2 = 0.107]. L'augmentation de largeur est en moyenne de 2.2 mm par mot, ce qui équivaut à une augmentation de 11% (voir figure 16). Toutefois, cela n'est significatif que si les mots sont assez longs. En effet, il y a une interaction Groupe*Mot significative ($p=0.003$) ; [$F_{(4,224)} = 4.20$, $p < 0.005$, éta2 = 0.070]. Les tests post-hoc montrent que la différence entre Libanais et Français est significative pour « quantité » ($p = 0.02$), « ambiguïté » ($p = 0.001$) et « expérience » ($p = 0.005$) mais ni pour « déjà » ni pour « tête » (voir figure 17).

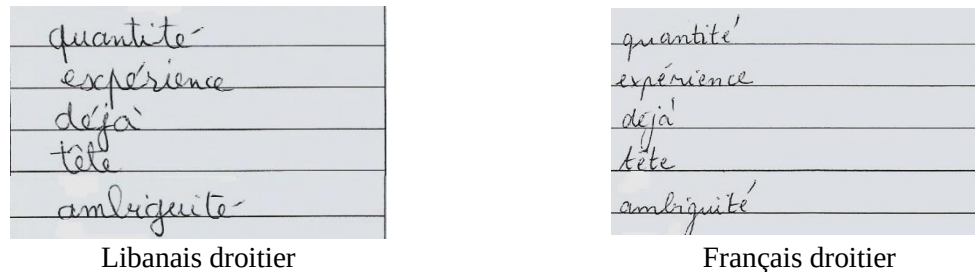


Figure 16: Illustration des mots français écrits par des droitiers Libanais et Français.

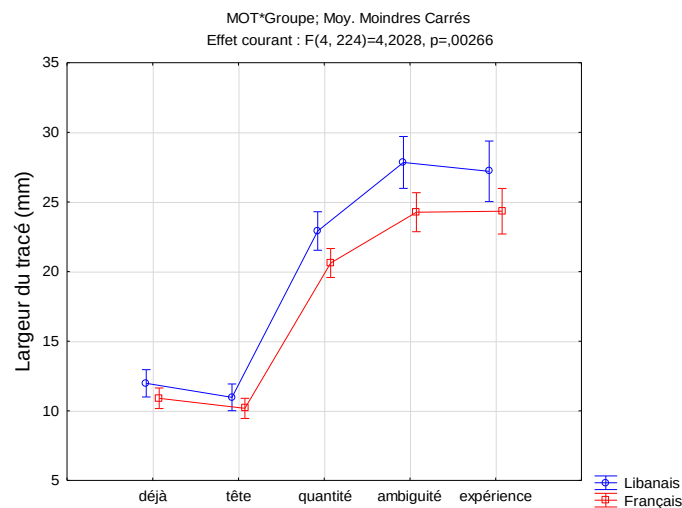


Figure 17: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes de Libanais et de Français.

Hauteur des tracés : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Hauteur. Les Libanais et les Français ont une moyenne identique ; [$F_{(1,56)} = 0.008$, *ns*]. Elle est de 7 mm pour les deux groupes. Les écarts-types pour les Libanais et les Français étant respectivement de 1.1 mm et de 1.4 mm.

Longueur des tracés : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Longueur des traits. Les Libanais ont une longueur des traits qui est similaire à celle des Français avec une moyenne de 63.7 mm pour les Libanais (écart-type de 8.6 mm) et une moyenne de 62 mm pour les Français (écart-type de 13.8 mm) ; [$F_{(1,56)} = 0.183$, *ns*].

En résumé, les D Libanais n'écrivent pas à une taille différente des D Français, sauf en ce qui concerne la largeur du tracé (étendue horizontale) qui est plus importante chez les Libanais.

Les variables temporelles

Durée totale : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Libanais et les Français ont approximativement la même durée totale avec une moyenne

de 3285 ms pour les Libanais (écart-type de 551 ms) contre une moyenne de 3216 ms pour les Français (écart-type de 584 ms) ; [$F_{(1,56)} = 0.092$, *ns*].

Durée des traits : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Libanais tracent un peu plus longtemps que les Français (soit + 176 ms, ce qui équivaut à 6.93%), avec une moyenne de 2539 ms pour les Libanais (écart-type de 429 ms) contre une moyenne de 2364 ms pour les Français (écart-type de 430 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,56)} = 2.073$, *ns*].

Durée des levers : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Libanais durent moins dans les levers que les Français (soit - 107 msec, ce qui équivaut à 12.59 %), avec une moyenne de 745 ms pour les Libanais (écart-type de 232 ms) contre une moyenne de 853 ms pour les Français (écart-type de 295 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,56)} = 2.607$, *ns*].

Aucune des durées n'est différente entre les Français et les Libanais.

Les variables cinématiques

Vitesse de tracé : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Vitesse de tracé. La vitesse de tracé des Libanais et des Français est presque identique, avec des moyennes respectives de 27.3 mm/sec (écart-type de 4.1 mm/sec) et de 27.7 mm/sec (écart-type de 6.1 mm/sec) ; [$F_{(1,56)} = 0.103$, *ns*].

Fluidité (SNvpd) : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Fluidité. Le SNvpd est presque similaire entre les Libanais et les Français avec des moyennes respectives de 7.1 (écart-type de 1.7) et de 6.9 (écart-type de 1.7) ; [$F_{(1,55)} = 0.226$, *ns*].

La vitesse et la fluidité des tracés des Libanais et des Français ne diffèrent pas.

Le nombre de levers

Il existe un effet de groupe sur la variable Nombre de levers : Les Libanais font en moyenne un lever de moins que les Français avec une moyenne de 5.4 (écart-type de 1) contre une moyenne de 6.4 pour les Français (écart-type de 1.3); [$F_{(1,56)} = 10.869$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.163$] (voir figure 18). Cette différence n'existe que pour les 3 mots longs. En effet, il y a une interaction Groupe*Mot significative ($p=0.007$) ; [$F_{(4,224)} = 3.555$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.059$]. Les tests post-hoc montrent que la différence entre Libanais et Français est significative pour « quantité » ($p = 0.002$), « ambiguïté » ($p = 0.046$) et « expérience » ($p = 0.02$). Elle est presque significative pour « tête » (voir figure 19).

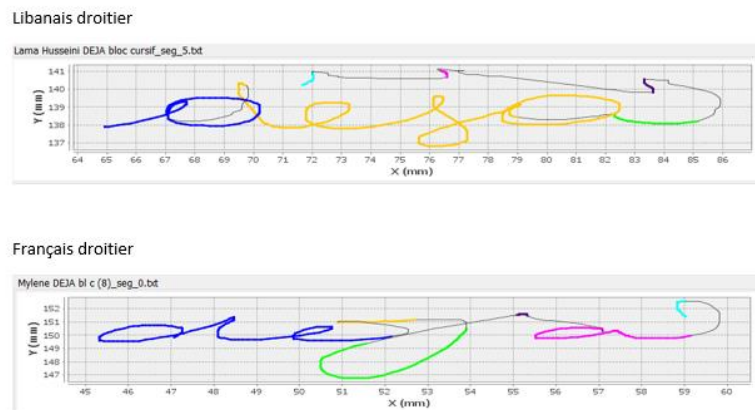


Figure 18: Illustration des levers effectués par des droitiers Libanais et Français.

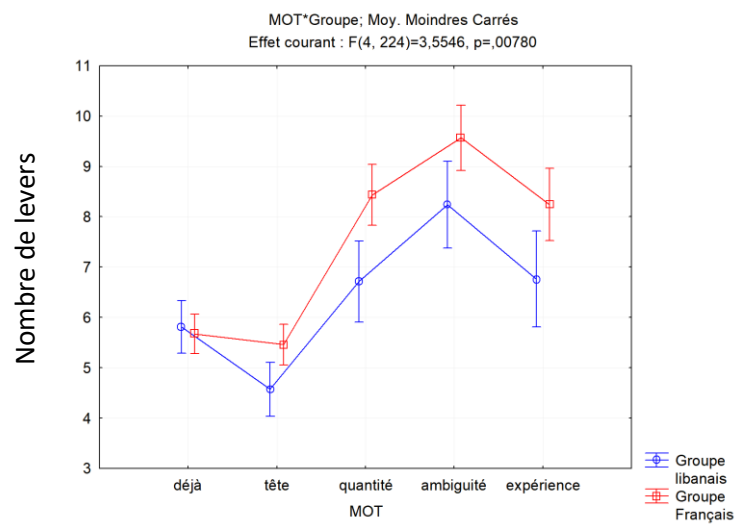


Figure 19: Nombre moyen de levers pour chacun des mots français et pour les deux groupes de Libanais et de Français.

V.1.2 Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français : Groupe Libanais Vs Groupe Français

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français est résumé dans le tableau 12.

Tableau 12: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture pour les mots français

Variables		Libanais (N = 21)		Français (N = 39)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	20.2	2.8	18	3.1	6.694	0.012
	Hauteur du tracé	7	1.1	7	1.4	0.008	0.930
	Longueur Traits (mm)	63.7	8.6	62	13.8	0.183	0.671
Aspects temporels	Durée totale m(s)	3285	551	3216	584	0.092	0.762
	Durée des traits (ms)	2539	429	2364	430	2.073	0.156
	Durée des levers (ms)	745	232	853	295	2.607	0.112
Aspects cinématiques	Vitesse des traits (mm/sec)	27.3	4.1	27.7	6.1	0.103	0.750
	SNvpd	7.1	1.7	6.9	1.7	0.226	0.637
Nombre de levers		5.4	1	6.4	1.3	10.869	0.001

En résumé, la comparaison de l'écriture de mots français entre le groupe Libanais (N = 21) et le groupe Français (N = 39) nous permet de retenir deux constats concernant l'écriture des Libanais : 1- Les Libanais écrivent plus large que les Français, toutefois, cet allongement horizontal ne va pas de pair avec une augmentation de la taille globale de l'écriture ; 2- Ils font un lever de moins que les Français lors de l'écriture cursive.

V.2 Question 1b : Existe-t-il un accent français chez les Libanais qui écrivent en arabe ?

V.2.1 Comparaison des mots arabes écrits par les Libanais et les Syriens

Dans cette partie, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots arabes entre des sujets D Libanais (N = 21) et Syriens (N = 22) qui ont une posture d'écriture droite.

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : L'analyse de variance à mesures répétées n'a pas révélé d'effet du groupe sur la variable Largeur. Les Libanais écrivent un peu plus grand en largeur (soit 0.6 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de 3%) avec une moyenne de 19.4 mm (écart-type de 3 mm) contre une moyenne de 18.8 mm pour les Syriens (écart-type de 2.6 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,41)} = 0.477$, ns]. Il existe cependant une interaction Mots*Groupe significative ; [$F_{(4,164)} = 3.227$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.073$] (voir figure 20). Les tests post-hoc montrent que la différence entre les Libanais et les Syriens est significative pour le mot « /ʔassuħijja/- الصحية » ($p = 0.02$). Les Libanais étalent plus que les Syriens ce mot en largeur (soit + 3.5 mm, ce qui équivaut à 15%) avec une moyenne de 21 mm (écart-type de 5.2 mm) contre une moyenne de 17.8 mm pour les Syriens (écart-type de 3.1 mm). Une des caractéristiques de ce mot est que son squelette peut être écrit sans lever la main. Ce qui signifie que les signes diacritiques sont tracés à la fin (voir figure 21).

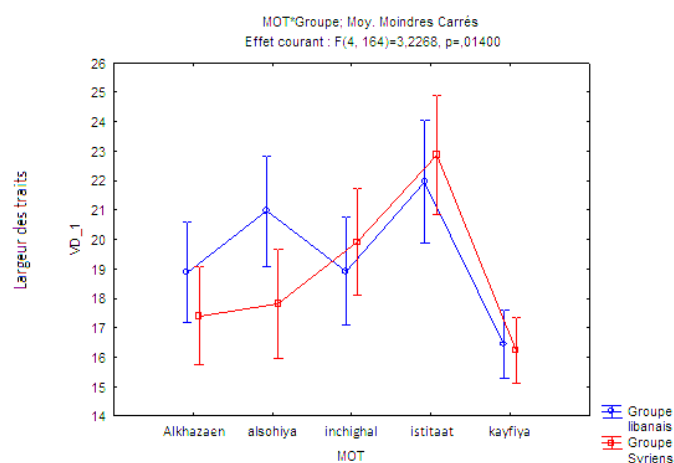
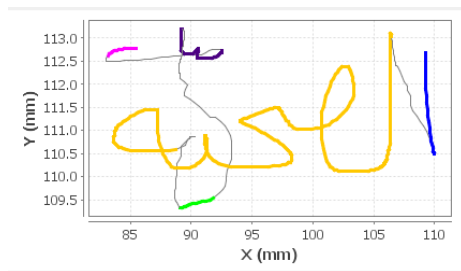
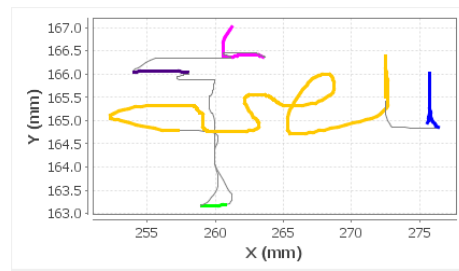


Figure 20: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots arabes et pour les deux groupes de Libanais et de Syriens.



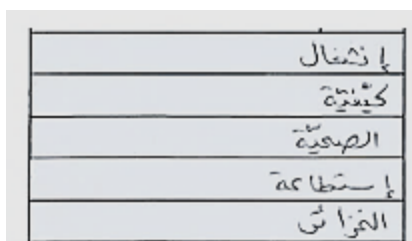
Libanais droitier



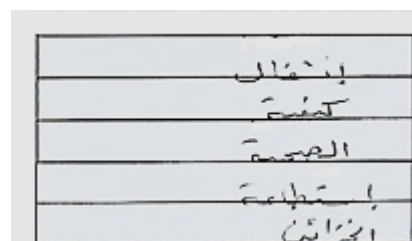
Syrien droitier

Figure 21: Illustration du mot « /ṣaḥīja/ - الصحية » écrit par un scripteur libanais (à gauche) et par un scripteur syrien (à droite).

Hauteur des tracés : Il existe un effet de groupe sur la variable Hauteur : Les Libanais ont une écriture plus haute (verticalement) (soit + 0.8 mm ce qui équivaut à un pourcentage de 12.9 %) avec une moyenne de 6.2 mm (écart-type de 0.8 mm) contre une moyenne de 5.4 mm pour les Syriens (écart-type de 0.8 mm); [$F_{(1,41)} = 10.245$, $p < 0.005$, $\eta^2 = 0.199$] (voir figure 22).



Libanais droitier



Syrien droitier

Figure 22: Illustration de mots arabes écrits par des droitiers Libanais et Syriens.

Longueur des traits : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Longueur des traits. Les Libanais ont une longueur des traits qui est légèrement supérieure à celle des Syriens (soit + 2 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de 4.5%) avec une moyenne de 44.4 mm (écart-type de 6.6 mm) contre une moyenne de 42.4 mm pour les Syriens (écart-type de 5.2 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,41)} = 1.229$, ns].

Les D Libanais n'écrivent pas à une taille différente des D Syriens, sauf en ce qui concerne la hauteur (verticale) du tracé qui est plus importante chez les Libanais.

Les variables temporelles

Durée totale : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Libanais ont une durée totale qui est inférieure à celle des Syriens (soit - 374 ms, ce qui équivaut à 10.9%) avec une moyenne de 3031 ms pour les Libanais (écart-type de 455 ms) contre une moyenne de 3418 ms pour les Syriens (écart-type de 923 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,41)} = 2.727$, ns].

Durée des traits : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Libanais tracent moins longtemps que les Syriens (soit - 213 ms, ce qui équivaut à - 7.4%), avec une moyenne de 1931 ms pour les Libanais (écart-type de 213 ms) contre une moyenne de 2087 ms pour les Syriens (écart-type de 374 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,41)} = 2.287$, ns].

Durée des levers : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Libanais font des levers qui durent moins que les Syriens (soit - 228 ms, ce qui équivaut à 17%), avec une moyenne de 1103 ms pour les Libanais (écart-type de 349 ms) contre une moyenne de 1331 ms pour les Syriens (écart-type de 703 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,41)} = 1.79$, ns].

Aucune des durées n'est différente entre les Libanais et les Syriens.

Les variables cinématiques

Vitesse de tracé : Il existe un effet du groupe sur la variable Vitesse de tracé. L'analyse de variance à mesures répétées révèle que la vitesse de tracé des Libanais est plus importante que celle des Syriens (+ 2.4 mm/sec, ce qui équivaut à 9.3%) avec une moyenne de 25.8 mm/sec (écart-type de 3.8 mm/sec) contre une moyenne de 23.4 mm/sec (écart-type de 4 mm/sec) ; [$F_{(1,41)} = 4.216$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.093$]. Les Libanais écrivent plus vite que les Syriens. Comme il y a une interaction Groupe*Mot [$F_{(4,164)} = 5.145$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.111$], cela est surtout vrai pour certains mots : « الخَزَائِن/alḫaza:ʔin » ($p = 0.05$) et « /ʔassuħijja/- الصّحِيّة » ($p = 0.00$) (voir figure 23).

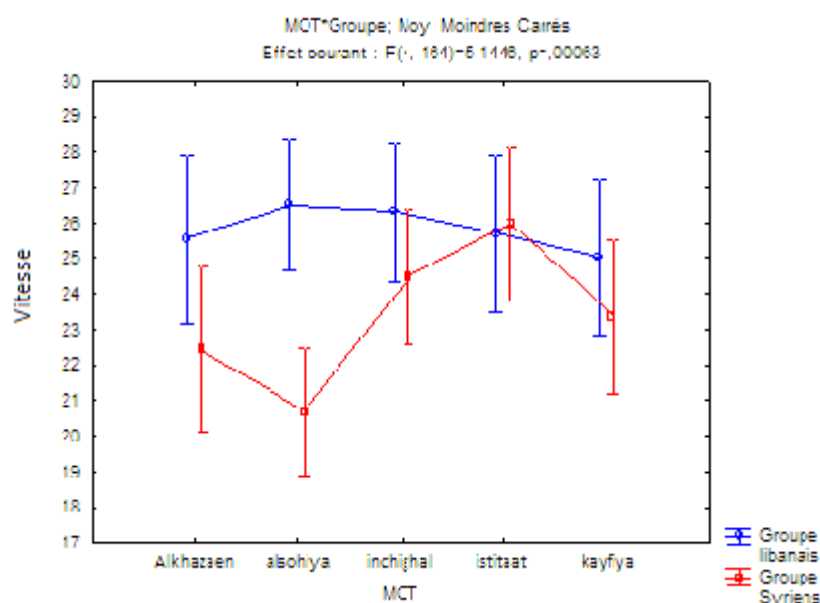


Figure 23: Vitesse moyenne de tracé pour chacun des mots arabes et pour les deux groupes de Libanais et de Syriens.

Fluidité : Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Fluidité. Le SNvpd des Libanais est inférieur à celui des Syriens (-0.8, ce qui équivaut à 16.7%) avec une moyenne de 3.9 (écart-type de 1) contre une moyenne de 4.8 (écart-type de 1.9) pour les Syriens. Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,41)} = 2.83$, ns].

La vitesse des traits est différente entre les Libanais et les Syriens. Ceci n'est pas le cas pour la fluidité.

Le nombre de levers

Les analyses n'ont pas révélé d'effet du groupe sur la variable Nombre de levers : Le nombre de levers chez les Libanais et les Syriens est presque identique avec des moyennes respectives de 6.4 (écart-type de 0.6) et de 6.6 (écart-type de 1) ; [$F_{(1,41)} = 0.925$, *ns*].

V.2.2 Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots arabes : Groupe Libanais Vs Groupe Syriens

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots arabes est résumé dans le tableau 13.

Tableau 13: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture pour les mots arabes

Variables		Libanais (N = 21)		Syriens (N = 22)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	19.4	3.0	18.8	2.6	0.477	0.494
	Hauteur du tracé	6.2	0.8	5.4	0.8	10.245	0.002
	Longueur Traits (mm)	44.4	6.6	42.4	5.2	1.229	0.274
Aspects temporels	Durée totale m(s)	3031	455	3418	923	2.727	0.106
	Durée des traits (ms)	1931	213	2087	374	2.287	0.138
	Durée des levers (ms)	1103	349	1331	703	1.793	0.187
Aspects cinématiques	Vitesse des traits (mm/sec)	25.8	3.8	23.4	4	4.216	0.046
	SNvpd	3.9	1	4.8	1.9	2.833	0.099
Nombre de levers		6.4	0.6	6.6	1	0.925	0.341

En somme, la comparaison de l'écriture de mots arabes entre le groupe Libanais (N = 21) et le groupe Syriens (N = 22) nous permet de retenir deux constats concernant l'écriture des Libanais en arabe : 1- Les Libanais écrivent plus en hauteur que les Syriens, toutefois, cet allongement vertical ne va pas de pair avec une augmentation de la taille globale de l'écriture ; 2- Ils sont plus rapides que les Syriens quand ils écrivent en arabe.

V.3 Discussion

Il y a une interférence entre les deux SG chez les bigraphes libanais D. Ils n'écrivent pas le français tout à fait comme les Français, ni l'arabe tout à fait comme les Syriens. On peut donc considérer que les Libanais ont un double accent : un accent français quand ils écrivent en arabe et réciproquement un accent arabe quand ils écrivent en français.

Cet accent affecte la trace écrite et certaines variables du mouvement graphique dans les deux langues. Il affecte la trace écrite d'une manière identique dans les deux langues en ce sens que les Libanais bigraphes dilatent leur écriture relativement aux monographes. Toutefois, cet élargissement ne se produit pas dans la même direction pour les deux écritures : on observe un étalement horizontal lorsqu'ils écrivent le français et un étalement vertical quand ils écrivent l'arabe. Les Libanais bigraphes auraient donc une écriture intermédiaire sur le plan spatial (voir figure 24).

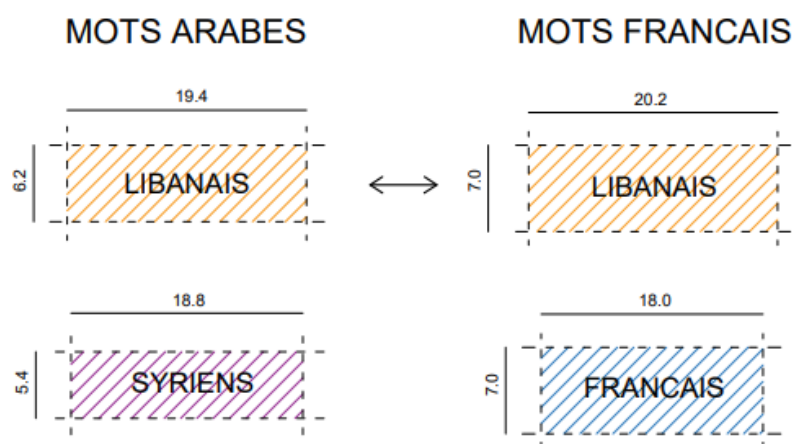


Figure 24: « Structure spatiale » de mots français et arabes.

Ecrire plus grand peut refléter une certaine « immaturité » de l'écriture si on s'appuie sur ce qui se produit au cours de l'apprentissage de l'écriture où la taille de l'écriture se réduit graduellement quand la maîtrise du geste augmente (Mojet, 1991 ; Zesiger, Mounoud, & Hauert, 1993). Pour quelle raison les Libanais auraient-ils une écriture moins mature que celles des monographes ? En ce qui concerne la langue arabe, cela pourrait être la conséquence d'une moindre fréquence d'utilisation comme l'indiquent les questionnaires. Mais cette explication ne peut pas être invoquée pour la langue française qu'ils écrivent autant que les Français.

Par ailleurs, cela n'expliquerait pas pourquoi cette immaturité se manifesterait dans deux dimensions différentes, horizontale pour le français et verticale pour l'arabe.

Les différences au niveau de l'aspect spatial de l'écriture entre les bigraphes et les monographes peuvent être en partie éclairées par l'ambiguïté du mécanisme interférentiel qui se produit lors d'une ressemblance entre les caractéristiques des SG. A l'instar du bilinguisme (Debyser, 1970), il semble que les interférences se manifestent davantage quand il y a des analogies entre des éléments du SG1 et ceux du SG2. Cette ressemblance serait considérée comme un stimulus ambigu qui provoquerait le mécanisme interférentiel. Plus les différences

sont marquées entre les SG, plus il serait facile de se conformer aux propriétés de chacun. Il s'agit du phénomène de différenciation qui est créé suite à un entraînement très régulier permettant de résister à l'interférence (Meisel, 2009).

Pourquoi l'écriture des mots français chez les Libanais s'étale davantage sur l'horizontale ? La présence de liens entre les lettres est un point commun qui existe entre les deux systèmes graphiques latin (français) et arabe. Dans l'écriture arabe, deux lettres liées le sont par une liaison généralement horizontale, la « *Kashida* ». Ce terme, qui vient du persan, signifie étirement (Tounis, 2019). L'allongement de ce trait de connexion entre les lettres dépend des besoins d'ajustement de l'écriture et de la nécessité de ne pas lever le « *calame* » pour ne pas interrompre le trait. Nous supposons que les Libanais bigraphes ont transféré l'allongement horizontal des traits de l'écriture arabe à celle du français. L'étalement sur la largeur des traits lors de l'écriture du français résulte donc du contact entre les deux systèmes graphiques arabe et français. Mais rappelons que cet allongement horizontal est minime en proportion de la largeur (11%).

Pourquoi l'écriture des mots arabes chez les Libanais s'étale davantage sur la verticale ?

L'alphabet latin et l'alphabet arabe contiennent tous les deux des caractères ascendants et descendants. Toutefois, la fréquence de caractères ascendants et descendants est beaucoup plus importante dans l'alphabet latin (treize lettres quel que soit leur emplacement dans le mot) que dans l'alphabet arabe (cinq lettres uniquement en position initiale ou médiane, alors qu'elles sont onze en position isolée).

De plus, il est connu que pour l'alphabet latin, les lettres ascendantes et descendantes sont étendues verticalement : Les boucles vers le haut et vers le bas ainsi que les hampes descendantes sont généralement deux fois plus grandes que le corps de la lettre (Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 2015). Alors que dans l'alphabet arabe, seul les lettres ascendantes sont étendues verticalement ; les lettres descendantes sont plutôt prolongées horizontalement (Menasri, 2008).

De même, nous pensons que le lignage Seyès qui est adopté pour l'écriture du SG latin a aussi joué un rôle dans le formatage de la hauteur des lettres ascendantes et descendantes du SG arabe. Il se peut que l'automatisation de la taille de l'écriture des lettres en français ait été transféré à l'écriture des lettres en arabe. Nous rappelons que l'écriture de l'arabe se fait sur un papier à lignage simple où aucune réglure n'existe.

Donc, la fréquence des caractères ascendants et descendants, l'étendue vertical des lettres du SG latin et le lignage Seyès adopté lors de l'apprentissage de l'écriture du français constituent les facteurs qui peuvent impacter la dimension verticale de l'écriture arabe chez les bigraphes. Les Libanais bigraphes auraient ainsi transféré cet allongement vertical des traits de l'écriture du français à celle de l'arabe.

Au niveau du processus ou du mouvement graphique, certaines différences apparaissent entre les Libanais et les monographes, mais différemment selon la langue considérée.

En arabe, les Libanais écrivent à plus grande vitesse que les Syriens mais ce n'est pas le cas en français. Par ailleurs, il y a une différence dans la gestion des levers en français : les

Libanais lèvent leur stylo une fois de moins par mot en moyenne que les Français, mais ce n'est pas le cas en arabe par rapport aux Syriens.

A quoi est dû l'augmentation de la vitesse chez les Libanais par rapport aux Syriens lors de l'écriture des mots arabes ? L'allongement des lettres en hauteur (dans le sens vertical) chez les Libanais pourrait en partie expliquer cela. En effet, l'analyse de la vitesse du geste graphique montre que lors de l'écriture de mots, les vitesses les plus grandes sont atteintes pour le tracé des lettres avec jambages et hampes (Michel, 1971) et que les traits verticaux sont plus rapides et plus précis que les traits horizontaux (Thomassen & Tibosch, 1991). L'écriture des mots arabes des Libanais qui est plus ample en hauteur par rapport aux Syriens semble ainsi augmenter leur vitesse de traçage des traits. On aurait pu également analyser ce résultat en s'appuyant sur le concept de l'isochronie (Hollerbach, 1981 ; Viviani & Terzuolo, 1980 ; Lacquaniti *et coll.*, 1983), toutefois, bien qu'il y ait chez les Libanais une augmentation de la vitesse et de la hauteur des traits accompagnée d'une absence d'effet sur le temps de l'écriture, l'allongement de la hauteur des traits n'impacte pas la longueur des traits.

Pour le français, l'hypothèse interprétative la plus vraisemblable qui peut être avancée pour expliquer que les Libanais font un lever de moins est liée aux aspects topocinétiques des deux SG, en particulier aux accents et points sur les *i* en français et aux signes diacritiques (points au-dessus ou en dessous de certaines lettres) en arabe.

Selon les habitudes graphiques spécifiques à chaque langue, ces points et/ou accents pourraient ne pas être tracés au même moment au cours du mot.

En français, les scripteurs ont deux pratiques : soit ils mettent les points et les accents au moment où ils écrivent la lettre concernée, soit ils terminent le mot puis reviennent sur leurs pas pour tracer les points et les accents. Cette seconde pratique conduit mathématiquement à un nombre de levers inférieur. Il est difficile de savoir quelle est la pratique la plus fréquente, faute de données précises à ce sujet, mais une observation régulière de l'écriture laisse penser que les habitudes sont assez partagées. En outre, elles ne sont pas constantes chez un même scripteur dans le temps.

En arabe, même si les données précises manquent également, il semblerait que l'usage soit de terminer le mot puis de revenir en arrière pour tracer tous les signes diacritiques.

Cette différence d'écriture, en quelque sorte liée à une grammaire de l'action différente en arabe et en français expliquerait la différence du nombre de levers.

Afin de chercher une explication permettant d'expliquer pourquoi les Libanais font un lever de moins, nous avons supposé que les Libanais lors de l'écriture des mots français omettraient les signes diacritiques (les accents, les points sur les « *i* » et les « *j* » ou les barres sur les « *t* ») plus que les Français. Pour vérifier cela, nous avons dégagé pour chaque participant des deux groupes le nombre d'omission de ces éléments dans chaque mot écrit. A l'encontre de notre supposition, bien que les Libanais fassent moins de levers que les Français, les études statistiques effectuées ont montré que les omissions ont été plus fréquentes chez les Français que chez les Libanais avec des moyennes respectives de 0.249 (écart-type de 0.263) et de 0.1 (écart-type de 0.103) et ; $[F(1,55) = 5.817, p < 0.02]$. Cette différence significative est

notamment retrouvée pour les mots « expérience » ($p= 0.038$) et « déjà » ($p= 0.005$), elle est tendancielle pour le mot « quantité » (0.073). Il semble que les Libanais sont plus « sérieux » que les Français au niveau du traçage des points, des accents et des barres sur les lettres. Nous supposons ainsi que les Libanais bigraphes ont transféré la mise en place des signes diacritiques sur les lettres de l'écriture arabe à celle du français. Les lettres arabes qui ont des formes similaires sont lues différemment en fonction de la présence, du nombre et du positionnement des signes diacritiques. Ces derniers jouent ainsi un rôle important dans l'identification des lettres.

A quoi est donc due cette différence au niveau du nombre de levers obtenu ? Notre deuxième réflexion fut de vérifier le nombre de levers qui sont produits entre les signes diacritiques. Il s'est avéré que les Libanais font plus de levers que les Français entre le traçage des signes diacritiques sans revenir au mot avec des moyennes respectives de 1.191 (écart-type de 0.680) et de 0.769 (écart-type de 0.742) ; $[F(1,56) = 13.171, p < 0.01]$. Cette différence significative est retrouvée pour la majorité des mots (« déjà » : $p= 0.024$; « expérience » : $p=0.005$; « quantité » : $p= 0.000$; « tête » : $p= 0.009$). Par exemple, pour écrire le mot « déjà » les Français ont plus tendance à mettre les accents immédiatement après l'écriture de chaque lettre alors que les Libanais écrivent le mot en entier et ensuite mettent les signes diacritiques. Les Libanais écrivent donc la structure du mot puis tracent tous les signes diacritiques qui viennent aux alentours. Cette stratégie adoptée par les Libanais qui a abouti à un nombre minime de levers lors de l'écriture des mots français résulterait d'un mécanisme de « *Chunking* » abordé en introduction. Il semblerait que cette stratégie utilisée dans l'écriture de l'arabe soit transférée à celle du français. Pour mettre les signes diacritiques en arabe, la personne adulte écrit généralement le mot ou le PAW en entier - fait qui est facilité par le changement de la forme de la lettre en fonction de sa position dans le mot - pour ensuite mettre les signes diacritiques sur les lettres correspondantes. Ceci nécessitant de constants retours en arrière.

Nous pouvons mettre en lien le nombre de levers qui est moins important chez les Libanais que chez les Français et l'étalement horizontal de l'écriture en français. Nous avons vu que la « Kashida » est un trait de connexion entre les lettres. Les traits de connexion diffèrent des traits intra-lettres et peuvent être considérés comme une partie essentielle du processus de production d'écriture manuscrite. Le fait que ces traits soient tracés avec une durée, une taille et une dysfluence plus importantes que celles intra-lettres a constitué un indice supplémentaire que l'unité de segmentation serait l'allographe (Meulenbroek *et coll.*, 1989). Cependant, si les traits de connexion ne sont pas inclus dans le programme moteur de la lettre, nous pouvons penser que c'est au cours de ces connexions qu'il y aurait un passage d'un programme moteur à l'autre et des ajustements moteurs pour écrire la suite des lettres. D'ailleurs, les traits de connexion semblent être plus exigeants sur le plan moteur que les traits intra-lettres (Meulenbroek *et coll.*, 1989). Ainsi, nous supposons que cet allongement horizontal chez les Libanais lors de l'écriture du français pourrait être un indice d'une nécessité plus importante d'ajustement des programmes moteurs surtout que les Libanais font moins de levers que les Français.

L'accent graphique sur la trace écrite est sans doute le plus intéressant mais aussi le plus problématique. En effet, cet allongement sur une seule des dimensions spatiales pourrait conduire à une déformation des caractères et des mots et finalement être la conséquence d'un apprentissage scolaire différent dans chaque pays. Pour le français par exemple, si les Libanais étirent les lettres horizontalement, ce pourrait être parce qu'ils n'apprennent pas exactement les mêmes formes de caractères que les Français. Comme nous l'avons mentionné dans la partie théorique, cela n'est pas le cas a priori car les programmes scolaires dans les écoles francophones libanaises sont calqués sur les programmes français. Les élèves libanais apprennent l'écriture cursive exactement comme les élèves français. Néanmoins, il nous a semblé important de vérifier si la forme globale de l'écriture n'est pas différente dans les deux populations au point d'être perceptible à l'œil nu, au simple examen visuel.

Cela a donné lieu à la seconde question de ce travail.

VI. Question 2 : Perception de l'accent graphique par le lecteur

La question posée dans cette seconde partie expérimentale est la suivante : s'il existe un accent à l'écrit chez les scripteurs bigraphes, cet accent est-il perceptible lorsque nous lisons cette écriture ? En outre, cette capacité à identifier l'accent à l'écrit est-elle la même chez les individus qui ont cet accent, les bigraphes libanais, et chez ceux qui ne l'ont pas, les monographes syriens et français ? Nous pouvons penser que les Libanais sont meilleurs pour reconnaître une écriture libanaise, soit parce qu'ils sont davantage exposés à cette écriture (hypothèse perceptive), soit parce qu'ils ont davantage l'habitude de la produire (hypothèse motrice liée au contexte de la cognition incarnée (Varela, Thompson & Rosch, 1993). En effet, la perspective incarnée de la cognition dans le domaine de l'écriture suggère les expériences sensorimotrices acquises au cours de la pratique de l'écriture ont un effet non seulement sur les mécanismes moteurs impliqués dans la production de l'écrit, mais également sur les mécanismes perceptifs impliqués dans la perception de l'écrit. Cette perspective trouve une validation empirique dans des recherches comportementales et en neuroimagerie qui montrent que les systèmes cognitif et sensorimoteur sont intimement liés et qu'écrire des lettres à la main favorisait leur mémorisation et leur reconnaissance (e.g., Longcamp, Zerbato-Poudou & Velay, 2005).

Problématisation

Le principal objectif de cette question est d'examiner l'accent graphique au niveau perceptif. Cette question se pose aussi bien pour l'écriture en français des Libanais que pour leur écriture en arabe. Par conséquent, y répondre aurait nécessité une double comparaison, avec des lecteurs syriens et libanais pour l'arabe, et des lecteurs français et libanais pour le français. Pour des raisons de temps disponible et surtout des raisons pratiques (il est beaucoup moins simple de disposer de lecteurs monographes syriens), nous ne l'avons conduite que sur l'écriture en français.

La question se résume donc ainsi : est-il possible à des Français et à des Libanais de distinguer entre un scripteur français et un scripteur libanais simplement en examinant visuellement leur écriture ?

Participants

Quarante lecteurs adultes, 20 Français et 20 Libanais, ont participé à cette expérience contrôlée. Ils étaient différents des scripteurs de l'expérience précédente.

Matériel

Des copies des feuilles de passation des 5 mots français écrits par 30 des sujets de l'expérience précédente (15 Libanais et 15 Français) ont été mélangées et posées sur une table devant le lecteur.

Tâche des lecteurs

Afin de contrôler s'il existe des différences dans la forme visuelle des lettres et des mots, nous avons demandé aux lecteurs d'identifier visuellement quels sont les mots écrits par les scripteurs Français et quels sont ceux des Libanais. Les feuilles d'écriture des 30 scripteurs étaient anonymes et identifiées au verso par un numéro attribué aléatoirement. Elles étaient mélangées et dispersées sur la table, face recto visible. Les lecteurs devaient faire deux tas avec les 30 feuilles : un tas correspondant aux scripteurs supposés être Libanais et un tas pour les scripteurs supposés Français. Aucune consigne n'était donnée quant au nombre de feuilles à mettre dans chaque tas. Le participant pouvait revoir son choix autant de fois qu'il le voulait. Après avoir effectué le regroupement en deux tas, il a été demandé à chacun des participants d'expliquer les critères de classification sur lesquels il s'est basé pour réaliser cette tâche.

Récolte des données

Après chaque passation, l'examineur séparait les deux tas de scripteurs supposés (Français et Libanais) et cochant sur une fiche de notation (voir [annexe F](#)) l'attribution (Français ou Libanais) fournie par le participant pour chaque scripteur identifié par son numéro. Si l'attribution était exacte, le scripteur était noté 1, sinon il était noté 0. Pour chaque lecteur, on obtenait donc un score entre 0 (aucune attribution exacte) et 30 (toutes les attributions exactes). Le tableau des résultats complets est fourni en annexe (voir [annexe G](#)). Le pourcentage de reconnaissance moyen des 30 scripteurs (15 Français et 15 Libanais) effectué par les 40 lecteurs (20 Français et 20 Libanais), c-à-d le nombre de fois où sa nationalité a été correctement identifiée sur 40, a été calculé.

Techniques d'analyse statistiques

Une ANOVA a été effectuée sur le pourcentage de reconnaissance moyen des scripteurs pour les deux groupes de lecteurs Français et Libanais qui ont participé à la reconnaissance.

Variables

- Variable dépendante : Le pourcentage de reconnaissance moyen pour les 15 scripteurs D de chaque groupe ;
- Facteur intra : groupe de scripteurs ;
- Facteur inter : groupe de lecteurs qui ont participé à la reconnaissance.

Résultats

Les 40 lecteurs qui ont participé à la reconnaissance visuelle des traces écrites n'ont pas pu différencier les scripteurs Libanais et Français. Le pourcentage de reconnaissance des scripteurs libanais est de 55,3% et celui des scripteurs français est de 54,0% [$F(1,38) = 0.49$, ns].

Donc, l'écriture des Libanais et des Français ne diffère pas en termes de forme des lettres, des mots et il est impossible de distinguer visuellement les traces écrites des Français et des Libanais.

Les lecteurs libanais sont légèrement meilleurs pour identifier les scripteurs que les lecteurs français (57.3% vs 52.0% respectivement) mais la différence n'est pas significative [$F(1,38) = 2.83$, ns]. Le tableau 14 représente le pourcentage de reconnaissance (réponses correctes) des scripteurs libanais et français par les lecteurs libanais et français :

Tableau 14: Pourcentage de reconnaissance des scripteurs par les lecteurs

	% de reconnaissance des scripteurs Libanais (N = 15)	% de reconnaissance des scripteurs Français (N = 15)	% de reconnaissance par les lecteurs
Lecteurs Libanais (N = 20)	60.3	54.3	57.3%
Lecteurs Français (N = 20)	50.3	53.7	52%
Total	55.3%	54%	

Il y a cependant une interaction significative Lecteurs*Scripteurs [$F(1,38) = 5.86$, $p < 0.025$].

Comme on peut le voir sur la figure 25, les scripteurs français sont reconnus avec la même précision par les lecteurs libanais et français, mais les scripteurs libanais sont mieux identifiés par les lecteurs libanais que par les lecteurs français (test post-hoc $p < 0.01$).

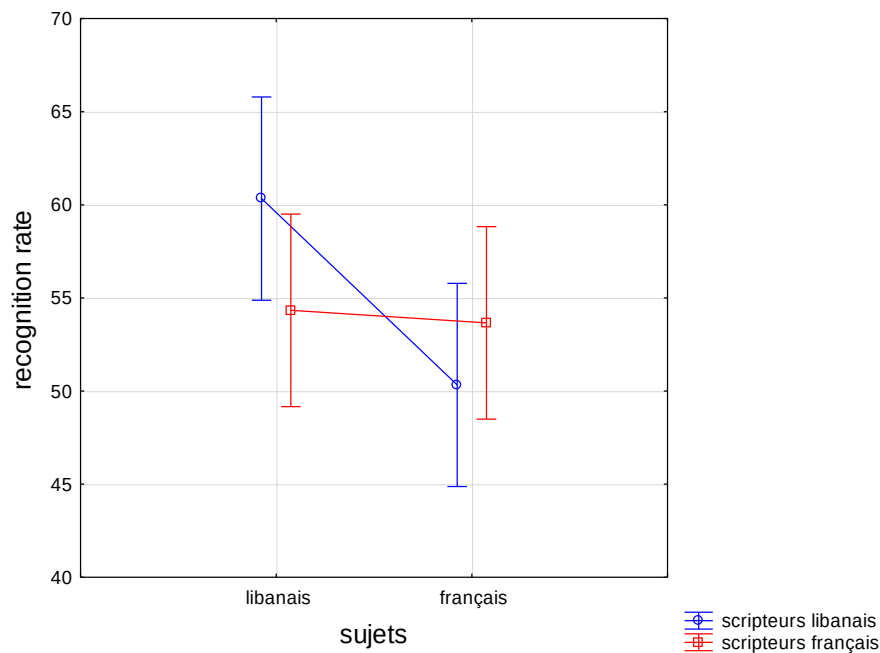


Figure 25: Reconnaissance des scripteurs Libanais et Français par les lecteurs Libanais et Français

D'un point de vue qualitatif, les critères de classification les plus fréquents sur lesquels les lecteurs se sont basés afin de différencier l'écriture des Libanais de celle des Français sont les suivants : la taille de l'écriture, la maturité de l'écriture et la stabilité des lettres. En général, six participants ont noté que l'écriture des Français est personnalisée et mature alors que celle des Libanais est plutôt scolaire et par la suite facile à lire. Six autres participants ont noté une variation au niveau de la taille des lettres troncs chez les Libanais et une stabilité de la taille de ces lettres chez les Français. Quatre lecteurs ont noté que la taille de l'écriture des Libanais est grande alors que celle des Français est petite. Deux lecteurs ont noté que les liens entre les lettres sont plus importants chez les Libanais que chez les Français.

En conclusion, l'allongement horizontal des mots écrits par les bigraphes libanais est trop léger pour être perceptible à l'œil nu à partir de la trace écrite. Ce qui signifie qu'il ne se traduit pas par un changement de forme des caractères ou de certains d'entre eux ; ceci pouvant être un effet culturel consécutif à un apprentissage différent de l'écriture. Les Libanais écrivent le français comme les Français.

Le léger accent arabe manifesté par les Libanais quand ils écrivent en Français serait donc plus associé à un mouvement graphique un peu différent de celui des Français, mouvement qui les conduit à étaler leur écriture d'environ 12 % sur la dimension horizontale.

Nous avons vu que cet étalement est plus important pour les mots les plus longs. Cela nous a incité à vérifier ce qu'il pourrait en être pour une phrase. Pour cela, nous avons rapidement mesuré à la main la longueur d'une des phrases qui composent le BHK, le test d'écriture passé par les scripteurs français et libanais avant l'expérience pour s'assurer qu'ils n'étaient pas dysgraphiques. Cet examen rapide de la même phrase (la 7^{ème}) écrite dans les mêmes conditions sur une page blanche a confirmé le résultat obtenu sur les mots : la phrase écrite par les Français mesure en moyenne 14.3 cm (écart-type de 1.95) alors que celle écrite par les Libanais mesure 17.0 cm (écart-type de 1.92), soit une augmentation de 19%. Un test de Student indique que

cette différence est hautement significative [$t_{(58)} = -4.465, p < 0.0001$]. Les figures 26 et 27 illustrent respectivement l'écriture de la 7^{ème} phrase du BHK par un scripteur Libanais et un autre Français.

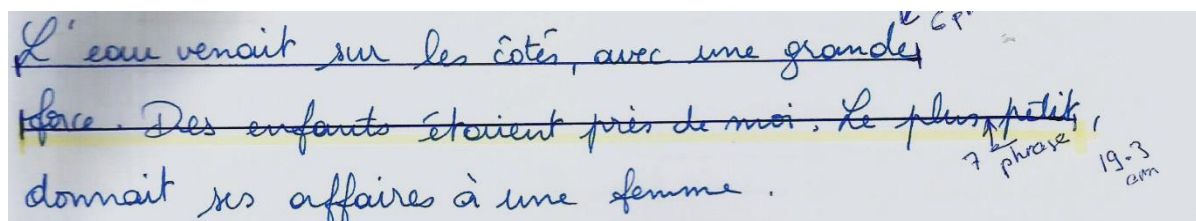


Figure 26: 7ème phrase du BHK-Ado, écrite par un scripteur Libanais

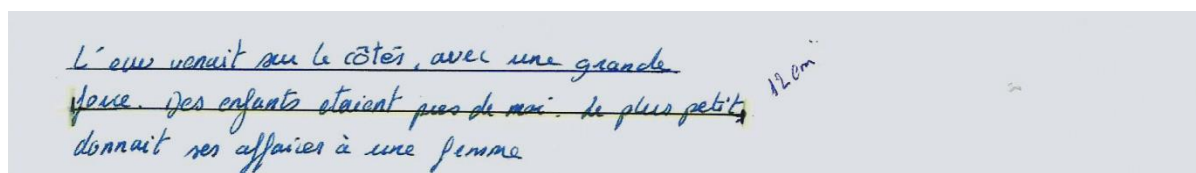


Figure 27: 7ème phrase du BHK-Ado, écrite par un scripteur Français

Discussion intermédiaire

Dans cette question, nous nous sommes intéressés à vérifier si « l'accent graphique », qui s'est manifesté chez les scripteurs libanais par un étalement de 12 % de leur écriture des mots français sur la dimension horizontale, est perceptible visuellement par les lecteurs. Les résultats de cette expérience ont montré qu'il est impossible d'identifier visuellement les traces écrites des Français et des Libanais à partir de mots. Ceci pourrait en partie être dû au fait que l'allongement horizontal est trop léger pour qu'il soit perçu à l'œil à partir de l'écriture de mots. Vu le constat que cet étalement est plus important pour les mots les plus longs, nous nous sommes demandés si cet « accent graphique » serait exacerbé davantage dans l'écriture des phrases. En effet, les analyses statistiques effectuées sur la 7^{ème} phrase du BHK montrent une augmentation de 19 % (statistiquement significative) sur la dimension horizontale chez les Libanais par rapport aux Français. Il serait ainsi judicieux de vérifier ultérieurement si cet « accent graphique » est mieux perçu visuellement par les lecteurs en adoptant ce même protocole expérimental mais en remplaçant les mots par des phrases.

De plus, les résultats de cette expérience ont mis en évidence que les scripteurs français sont reconnus avec la même précision par les lecteurs libanais et français, mais les scripteurs libanais sont mieux identifiés par les lecteurs libanais que par les lecteurs français. Il semble que les Libanais sont meilleurs à identifier cet « accent graphique » à l'écrit. Ceci pourrait être expliqué par l'approche « incarnée » de la reconnaissance des lettres. En effet, il existe une étroite interaction entre la production et la reconnaissance des lettres sur base visuelle vu le fait qu'elles sont associées très précocement dès les premiers apprentissages scolaires : l'acquisition de la lecture et de l'écriture se fait parallèlement. D'ailleurs, les études en neuroimagerie ont mis en évidence des liens neurofonctionnels étroits entre la lecture et l'écriture (Longcamp, Anton, Roth, Velay, 2003; Kato Isoda, Takehar & Nakai, 1999). Ces études ont montré que le cortex prémoteur gauche d'individus droitiers est activé par la simple présentation visuelle de lettres, alors qu'aucun mouvement n'a été demandé. De plus, lorsque

les individus étaient incapables d'accéder à l'identité de la lettre à travers sa forme visuelle, son écriture ou même son traçage dans l'air leur permettaient de les reconnaître (Bartolomeo, Bachoud-Lévi, Chokron, Degos, 2002, cités dans Velay, Longcamp & Zerbato-Poudou, 2005). Ces données laissent penser que « la représentation cérébrale des lettres reposerait sur un réseau plurimodalitaire dont l'une des composantes serait de nature sensorimotrice » (Velay *et coll.*, 2005). Dans ce cadre, la production motrice ne serait plus limitée à une étape périphérique du traitement de l'information mais serait considérée comme une base à partir de laquelle se construirait la cognition dans le domaine de l'écriture (Varela, Thompson & Rosch, 1991). Plus l'individu dispose d'informations sur la manière de produire les caractères, plus la perception visuelle de ce caractère serait facilitée. Par conséquent, plus la forme de la lettre observée dans ces caractéristiques géométriques ressemble à ce que le sujet préfère faire, plus les représentations motrices se mettent à raisonner facilitant ainsi la perception visuelle du caractère (Longcamp, Lagarrigue & Velay, 2010).

La cause motrice de cet allongement horizontal de l'écriture française et vertical de l'écriture arabe manifestée par les scripteurs bigraphes relativement aux monographes est difficile à expliquer à ce stade de l'expérimentation. Une des raisons qui peut être envisagée en premier lieu est la posture manuelle adoptée pour écrire. Il est possible que la tenue du stylo diffère dans l'écriture latine de gauche à droite et dans l'écriture arabe de droite à gauche. Cela fera l'objet de la question de recherche suivante.

VII. Question 3 : Tenue du stylo et système graphique

La prise de l'outil scripteur fait référence à la façon dont le stylo est tenu ou à l'emplacement des doigts sur cet outil. Kaiser, Soppelsa, Jordan & Albaret (2013) avaient proposé une classification des types de prises matures : la prise tripode dynamique, la prise latérale, la prise tridigitale et la prise quadridigitale (voir figure 28).

- « La prise tripode dynamique consiste en un appui de l'outil scripteur dans la première commissure et sur le bord latéral du majeur. L'outil scripteur est tenu entre une demi- pince formée par le pouce et la pulpe de la phalange distale de l'index.

- La prise latérale consiste en une orientation verticale de l'outil scripteur posé sur la première phalange de l'index. Le pouce est en adduction.

- La prise tridigitale implique la pulpe de l'index et du majeur sur l'outil scripteur. L'outil scripteur se trouve en général dans la première commissure. L'annulaire et l'auriculaire ne sont pas totalement fléchis.

- La prise quadridigitale est similaire à la prise tridigitale avec en plus la pulpe de l'annulaire qui est posée sur l'outil scripteur ».

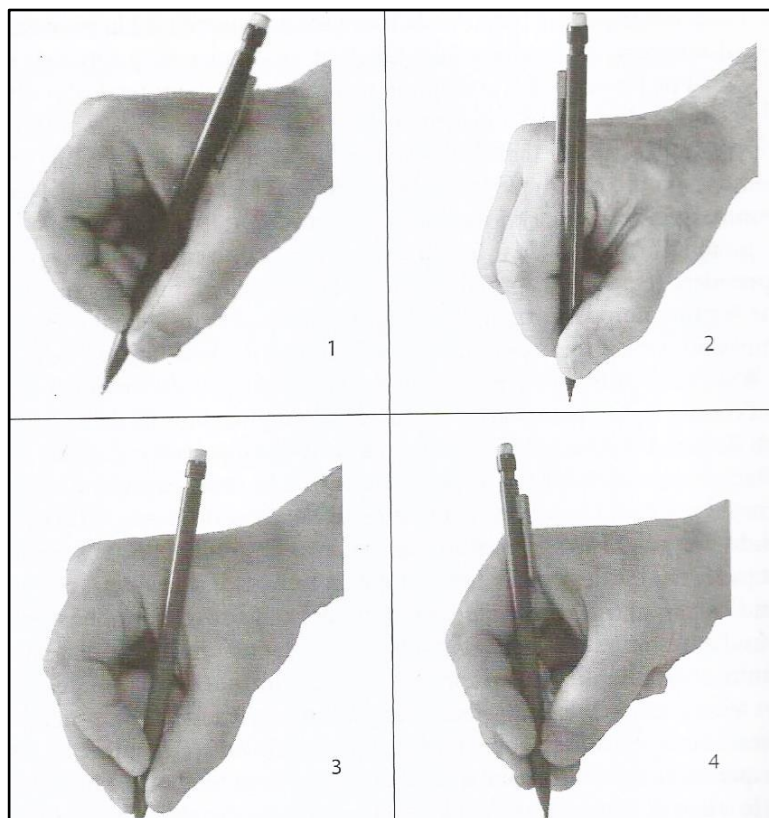


Figure 28: Classification des prises : 1. prise tripode ; 2. prise latérale ; 3. prise tridigitale ; 4. prise quadridigitale (tiré de Albaret et coll., 2013)

Dans les études menées sur des adultes normo-scripteurs, les prises les plus communes étaient la prise tripode dynamique (86%) et la prise latérale (10%). 4% présentaient des prises variées de l'outil scripteur (Bregmann, 1990 ; Shah *et coll.*, 2006, cités dans Shah & Gladson, 2015). Amundson (2001, cité dans Albaret *et coll.*, 2013) estime que la proportion d'enfants présentant une prise latérale de l'outil scripteur est plus importante actuellement vu l'essor de

la technologie : la manipulation des manettes des jeux vidéo et la composition des SMS nécessitent une adduction du pouce.

Les rééducateurs de l'écriture sont tenus d'élaborer des plans d'intervention qui favorisent la fonctionnalité de l'écriture en termes de lisibilité et de rapidité. La modification de la prise de l'outil scripteur était souvent un objectif de la rééducation de l'écriture manuscrite. Un certain nombre d'études a été consacré à l'examen de la fonctionnalité des différents types de prises. Elliott & Connolly (1984) et Ziviani & Wallen (2006) suggèrent un petit avantage associé à la prise tripode de l'outil scripteur chez le jeune enfant vu qu'elle permet de mieux contrôler le crayon et de le stabiliser. Toutefois, les études qui portent sur la relation entre la prise du stylet et la lisibilité de l'écriture chez les adultes suggèrent qu'il n'est peut-être pas nécessaire d'essayer de changer la prise du stylet d'une personne pour améliorer la lisibilité de l'écriture vu que la prise du crayon n'a que peu d'influence sur la qualité et la vitesse d'écriture (Dennis & Swinth, 2001 ; Koziatsek & Powell, 2003 ; Schwellnus, Carnahan, Kushki & Chau, 2012 ; Shah & Gladson, 2015). La prise tripode n'offrait aucun avantage par rapport aux autres prises en termes de qualité d'écriture après une tâche de copie de 10 minutes d'écriture. Les différentes prises ont fonctionné de manière équivalente. Ces résultats remettent en question la pratique qui consiste à faire adopter aux élèves la prise tripode de l'outil scripteur.

Le positionnement de l'outil scripteur

Pour une même prise manuelle de l'outil scripteur, il est possible que la tenue précise du stylo soit sujette à de petites variations de position angulaire relativement à la surface d'écriture. Dans ce cas, le mouvement graphique pourrait lui aussi en être affecté. En ce qui concerne les angles de tenue du crayon, nous retrouvons malheureusement très peu de littérature portant sur ce sujet. Les calligraphes du SG latin nous suggèrent d'ajuster le stylo entre nos doigts afin qu'il forme un angle de 45 à 55 degrés avec la surface d'écriture. Aucune indication n'existe également sur les angles de tenue du crayon qu'il faut adopter en fonction de la direction du SG (de gauche à droite : dextroverse, comme c'est le cas pour le français ; de droite à gauche : sinistroverse, comme c'est le cas pour l'arabe).

Biomécanique des mouvements d'écriture

Les mouvements d'écriture impliquent la contribution de multiples articulations des membres supérieurs (Dounskaïa, van Gemmert & Stelmach, 2000 ; Thomassen & Meulenbroek, 1997). Lors de l'écriture manuscrite de mots chez l'adulte, de petits mouvements horizontaux (intra-mot) résultent d'une déviation du poignet lorsque l'avant-bras est stabilisé sur la table (Dooijes, 1983). Dans cette étude, l'angle de la plume variait de 45° à 90° entre les participants. Lorsque la surface de la feuille est positionnée parallèlement à l'avant-bras, les traits verticaux engagent principalement les articulations des doigts, les traits horizontaux sont exécutés en impliquant le poignet alors que les traits obliques nécessitent une combinaison des mouvements des doigts et du poignet (Contreras- Vidal, Teulings & Stelmach, 1998 ; Dooijes, 1983).

Les mouvements inter-mots sont principalement exécutés en utilisant l'abduction de l'épaule, la rotation externe, la supination, la pronation et l'extension du poignet chez les enfants

de la maternelle (Blöte, Zielstra & Zoetewy, 1987). Bien que l'on pense que le degré de supination / pronation change vers l'âge de 10 ans (Ziviani, 1983), les mêmes groupes musculaires utilisés par les enfants pour les mouvements inter-mots sont susceptibles d'être utilisés par les adultes.

La grande taille des lettres semble impliquer les mouvements de l'épaule et du coude (Lacquanitini, Ferringno, Pedotti, Soechting & Terzuolo, 1987). Une plus grande taille de lettres s'est également produite lorsque des adultes normo-scripteurs ont utilisé une prise modifiée du stylo (stylo tenu entre l'index et le majeur) limitant les mouvements des doigts (Baur, Schenk, Fürholzer & Hermsdörfer, 2006). Les auteurs ont proposé que la restriction des mouvements des doigts entraîne une augmentation des mouvements dans les articulations proximales tels que l'épaule et le coude. Aucune étude portant directement sur l'effet des types de prises du stylo sur les mouvements proximaux des articulations n'a été trouvée.

Les articulations du membre supérieur semblent différer dans leur contribution aux mouvements d'écriture. Les articulations proximales semblent être principalement responsables des mouvements entre les mots et d'une plus grande taille de lettres. Les articulations distales semblent être responsables de petits mouvements intra-mot.

L'étude menée par Vaivre-Douret, Lopez, Dutruel & Vaivre (2021) avait comme but de vérifier s'il existe une influence des facteurs biomécaniques sur les aspects spatiaux, temporels, et cinématiques, suite à une tâche de copie d'une ligne de boucles. Cette étude a révélé une interaction entre les caractéristiques posturales et gestuelles (coordination intersegmentaire des mouvements du bras) et les aspects cités : L'organisation gestuelle segmentaire proximale du bras, reflétée par les facteurs « élévation du coude » et « élévation de l'avant-bras », était significativement associée à des variables reflétant les aspects spatiaux de la ligne (taille, longueur totale), temporels (temps total du tracé) et cinématiques (vitesse moyenne et vitesse maximale).

Notre regard de clinicien et nos observations cliniques lors de la rééducation des troubles de l'écriture chez les enfants Libanais qui écrivent à la fois le français et l'arabe nous ont conduit à nous questionner sur la tenue du stylo, et en particulier sur l'orientation et l'inclinaison de ce dernier, chez les sujets adultes bigraphes franco-arabe D. En effet, il est très possible que le stylo ne soit pas positionné exactement de la même façon relativement à la feuille de papier dans l'écriture arabe, de droite à gauche, et dans l'écriture française (basée sur l'alphabet latin) de gauche à droite. Si tel est le cas, la question était de savoir si les Libanais, qui savent écrire dans les deux sens d'écriture, ont une posture unique appropriée pour les deux SG ou s'ils adoptent deux postures différentes, spécifiques à chacune des langues. D'après nos connaissances de la littérature, cette question de la tenue du stylo en fonction de la direction des SG a été peu étudiée (Sassoon, Nimmo-Smith & Wing, 1986).

On sait que pour le SG latin, le sujet D positionne son stylo de façon à le « tirer » de la gauche vers la droite. Cette position présente le double avantage de réduire la friction de la pointe du stylo et de dégager la vue sur la gauche de la pointe du stylo, où apparaît la trace écrite, et de pouvoir ainsi contrôler visuellement ce qui est écrit. En ce qui concerne la friction de l'outil scripteur sur le papier, il faut noter que la différence entre les mouvements de tirer et

de pousser est probablement négligeable si on utilise un stylo à bille. En effet, le système mécanique du stylo est ainsi conçu que la bille peut tourner, et entraîner l'encre du stylo, de la même façon ou presque qu'elle tourne dans un sens ou dans l'autre. Mais pour d'autres outils scripteurs, comme un pinceau ou un porte-plume, pousser sur la plume (ou sur les poils du pinceau) est quasiment impossible car celle-ci a tendance à se tordre sous la pression et à s'enfoncer dans le papier (ou à s'écraser pour les poils du pinceau). Quand l'usage du porte-plume était la norme à l'école primaire, c'était une des raisons qui a été invoquée par les enseignants pour interdire aux G d'utiliser leur main gauche pour écrire. L'arrivée en classe du stylo à bille (le célèbre 'Cristal' de BIC) dans les années 60 en France et au Liban a eu pour effet de libéraliser l'écriture qui devenait beaucoup plus aisée, en particulier pour les G.

Mais, même avec un stylo, la position qui consiste à tirer ce dernier garde l'avantage de dégager la vision de la trace écrite.

Problématisation

Les SG latin et arabe ont une direction d'écriture opposée et requièrent des mouvements graphiques différents. Nous pouvons aussi donc supposer, que la tenue du stylo elle-même serait différente pour écrire chacun de ces SG (Sassoon *et coll.*, 1986). En effet, pour les raisons biomécaniques précédentes, nous pouvons penser que pour écrire l'arabe qui progresse de droite à gauche, il vaut mieux aussi tirer le stylo que le pousser. Or, si le scripteur en arabe positionne la main lorsqu'il écrit l'arabe comme le fait le scripteur en français, il va pousser la main de droite à gauche ce qui devrait rendre l'écriture de l'arabe plus laborieuse. En outre, comme c'est le cas en français, le scripteur en arabe doit positionner sa main en-dessous de la ligne pour éviter de repasser sur ce qu'il a écrit. Enfin, en arabe peut-être davantage qu'en français, le scripteur doit plus contrôler visuellement ce qu'il écrit pour mettre les points et les signes diacritiques à leur emplacement correct (composante topocinétique de l'écriture).

Notre population expérimentale était composée de monographes français écrivant uniquement de gauche à droite (dextroverse), de monographes syriens écrivant uniquement de droite à gauche (sinistroverse) et de bigraphes libanais écrivant dans les deux sens. Nous pouvions donc poser plusieurs questions relatives à la tenue du stylo en fonction de la direction d'écriture.

Tout d'abord, en comparant le positionnement du stylo chez les deux populations de monographes, les Syriens et les Français, nous étions en mesure de confirmer ou d'infirmer les observations selon lesquelles la position du stylo dépend du sens d'écriture. Nous signalons qu'il existe très peu d'informations concernant les angles de tenue du stylo requis pour écrire dans un SG donné. Nous pouvons penser que le contenu linguistique intervient peu dans la détermination de ces angles. Par contre, ces derniers peuvent être tributaires de la direction du SG envisagé. Ainsi, la comparaison entre des scripteurs écrivant en français et d'autres écrivant en arabe nous semble légitime pour étudier le positionnement du stylo. Si cette comparaison met en évidence une différence dans la façon de tenir le stylo entre ces deux populations de monographes, alors plusieurs questions peuvent être posées concernant les bigraphes Libanais :

- 1- Comment positionnent-ils leur stylo quand ils écrivent dans chacune des deux langues qu'ils maîtrisent ? Adoptent-ils une posture unique pour les deux ou au contraire ont-ils deux façons de tenir leur stylo selon le sens d'écriture en cours ?
- 2- S'ils adoptent une posture unique, quelle est-elle ?
 - Celle appropriée pour écrire l'arabe, comme les Syriens ?
 - Celle appropriée pour écrire le français, comme les Français ?
 - Une posture intermédiaire entre les deux ?
- 3- S'ils changent de posture quand ils changent de système graphique, quelles sont les deux postures qu'ils adoptent ? Sont-elles identiques à celles des monographes ou sont-elles intermédiaires entre les deux ?

Participants

Cette expérimentation a été réalisée auprès de 82 scripteurs : des D Libanais (N= 21), Français (N=39) et Syriens (N=22) ayant une posture droite de la main. Nous avons ainsi écarté de cette expérimentation les 5 scripteurs D syriens à posture inversée (voir figure 29).

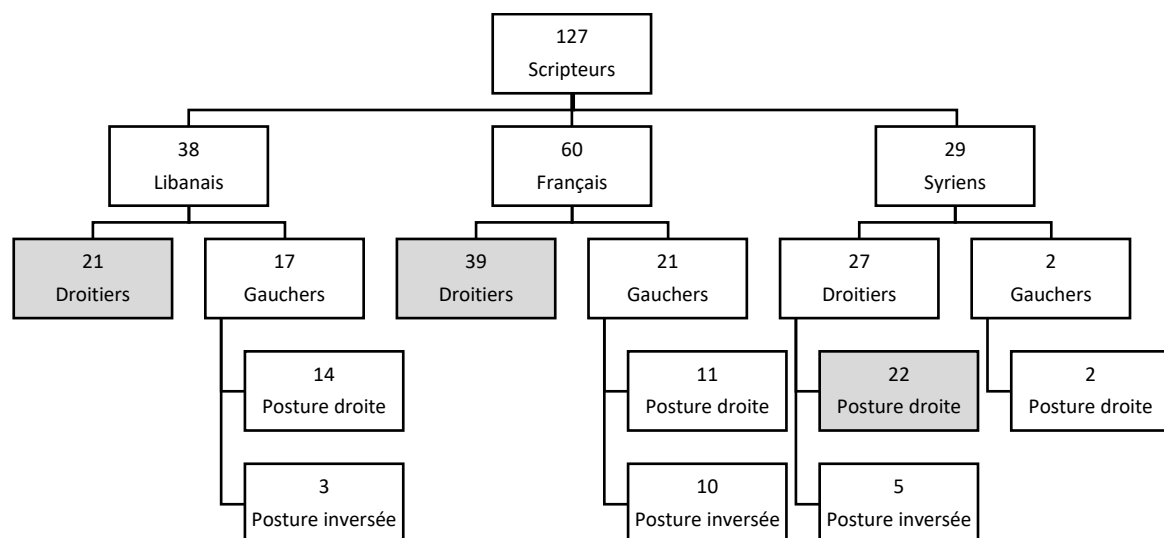


Figure 29: Présentation de la population de la question 3.

Variables

En ce qui concerne les mesures relatives aux angles du stylo, nous disposons de deux variables, l'orientation et l'inclinaison, qui sont calculées par le logiciel d'analyse (EcritureSuite) à partir de deux valeurs angulaires (l'azimut et l'altitude) fournies par les tablettes graphiques Wacom Intuos.

L'orientation (azimut) est la direction vers laquelle est orienté le stylet relativement à l'axe principal de la tablette (donc de la feuille fixée dessus). La valeur angulaire peut aller de 0 à 359,9 degrés (voir figure 30). A l'instar de l'azimut géographique, 0° indique que le stylet est orienté vers le haut de la tablette (Nord), 90° le stylet est orienté vers la droite (Est), 180° vers le bas (Sud) et 270° vers la gauche (Ouest). Contrairement au cercle trigonométrique, la progression adopte un sens horaire (Danna *et coll.*, soumis).

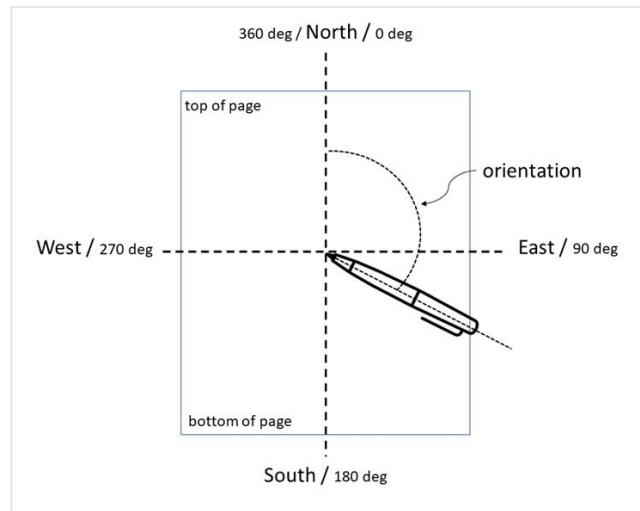


Figure 30: Représentation graphique de L'Azimut (orientation du stylet).

L'inclinaison (altitude) est l'angle formé par l'axe du stylet et le plan horizontal de la tablette et de la feuille de papier. L'étendue de mesures va de 0° à $+90^\circ$, 90° indiquant que le stylet est vertical (voir figure 31).

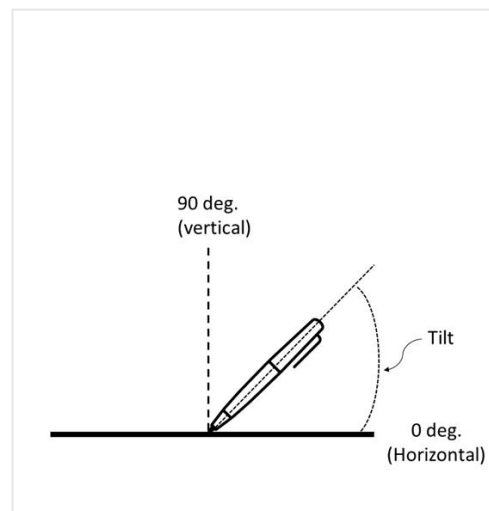


Figure 31: Représentation graphique de l'Altitude (élévation ou tilt).

VII.1 Question 3a : Est-ce que la tenue du stylo diffère quand on écrit de gauche à droite et de droite à gauche ?

Pour répondre à cette question nous allons comparer les monographes Syriens et Français.

VII.1.1 Comparaison entre droitiers Français et Syriens

Cette comparaison est destinée à vérifier si les monographes syriens qui écrivent l'arabe de droite à gauche ont une position du stylo différente de celle des monographes français qui écrivent du français de gauche à droite.

Résultats

Orientation

Il existe un effet de groupe sur la variable Orientation : les Français ont une orientation du stylo Sud-Est de 142.6 degrés (écart-type de 27.8) et les Syriens ont une orientation du stylo pratiquement Sud de 174.3 degrés (écart-type de 9.2) [$F_{(1,59)} = 26.884, p < 0.000, \eta^2 = 0.313$] (voir figure 32).

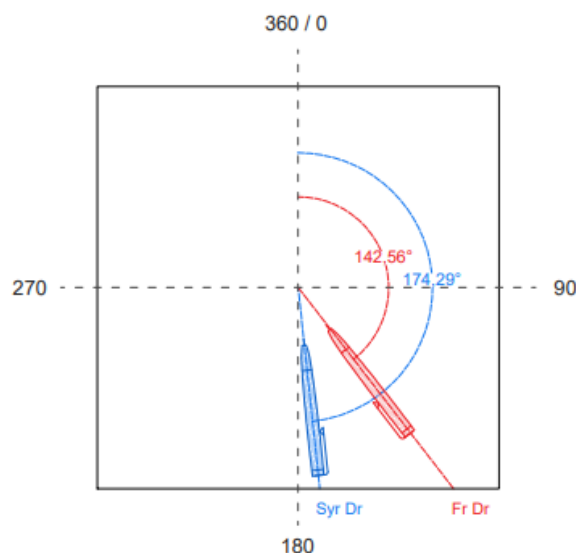


Figure 32: Orientation du stylo chez les droitiers Syriens dans l'écriture des mots arabes (en bleu) et Français (en rouge) dans l'écriture des mots français.

Inclinaison

Il existe un effet du groupe sur la variable Inclinaison : Les Français ont une inclinaison de 57.6 degrés (avec un écart-type de 4.9°) et les Syriens ont une inclinaison de 52.9 degrés (avec un écart-type de 2.1°) ; [$F_{(1,59)} = 17.38, p < 0.000, \eta^2 = 0.228$] (voir tableau 15).

Tableau 15: Angles du stylo chez les Syriens et les Français

	Angles	Syriens (N = 22)		Français (N = 39)		ANOVA à mesures répétées	
		M	E. T	M	E. T	F	p
Mots	Orientation	174.3	9.2	142. 6	27.8	26.884	0.000
	Inclinaison	52.9	2.1	57. 6	4.9	17.380	0.000

En conclusion, les Français et les Syriens ne tiennent pas leur stylo de la même façon à la fois en ce qui concerne l'orientation et l'inclinaison.

Discussion intermédiaire

La comparaison des Syriens et des Français a mis en évidence une différence importante de positionnement du stylo chez les deux populations de scripteurs, en particulier en ce qui concerne l'orientation du stylo. En arabe, les scripteurs orientent le stylo pratiquement plein Sud (174°) alors qu'en français il est davantage Sud-Est (143°). Quelles peuvent être les raisons qui justifient cette différence d'orientation ? Est-ce dû au sens d'écriture qui modifie la façon de tenir le stylo, à la manière d'apprendre à tenir le stylo qui peut différer entre les deux pays, ou au fait que ce sont deux alphabets différents ?

Il est difficile de savoir quel est l'importance respective de ces raisons : des expériences dédiées pourraient éventuellement permettre de trancher. Quoi qu'il en soit, il semble que chaque direction d'écriture impose une orientation du stylo spécifique.

Il n'existe que très peu d'études qui décrivent les différentes façons d'écrire selon le sens de progression de l'écriture. Pour Sassoon (1995), chaque SG possède ses propres règles (direction générale, point de départ des lettres, les espaces entre les mots, la hauteur, etc.) qui déterminent à leurs tours le déroulement de l'acte graphique. La direction générale détermine le sens de progression de l'écriture (de droite à gauche, de gauche à droite ou de haut en bas). Ceci pourrait expliquer pourquoi la tenue du stylo elle-même serait différente pour écrire chacun de ces SG (Sassoon *et coll.*, 1986).

Une comparaison de l'inclinaison du stylo pour les SG latin et cyrillique a été effectuée par Asselborn, Johal, Tleubayev & Zhexenova (2021). Il s'agit de deux SG différents mais qui s'écrivent dans la même direction. L'inclinaison du stylo n'était pas identique entre les deux alphabets. D'après les auteurs, cette divergence était due au fait que chaque SG nécessite une manipulation différente du stylo qui engendre à son tour une inclinaison différente du stylo durant l'écriture.

Nous pouvons proposer deux raisons qui justifient la différence d'orientation entre les Syriens et les Français : une relative au contrôle visuel de ce qui est écrit et la seconde relevant davantage du contrôle moteur de l'écriture.

1- En arabe, si on oriente le stylo SE, comme en français, on ne voit pas bien ce qui vient d'être écrit et qui apparaît à droite de la pointe du stylo. En effet, le crayon et les doigts masquent en partie la trace écrite. Pour voir ce qui vient d'être écrit, une orientation plein Sud du stylo est plus appropriée car elle permet de voir par-dessus la pointe du stylo.

2- Quand le stylo est orienté Sud-Est, il faut pousser sur la pointe pour avancer vers la gauche. Avec un stylo à bille, cela ne pose pas de problème particulier car la bille roule dans tous les sens et la friction sur le papier n'est pas vraiment différente. En revanche, avec un crayon ou, surtout, avec une plume (stylo à encre), pousser devient plus difficile car les frictions augmentent et l'écriture est plus difficile.

Quelle que soit l'explication de cette différence de position du stylo, comment les Libanais se sont-ils adaptés ? En particulier en ce qui concerne la façon de tenir le stylo dans les deux sens d'écriture ?

VII.2 Question 3b : Comment les bigraphes s'adaptent-ils lorsqu'ils écrivent en français versus en arabe ?

Pour répondre à cette question nous allons comparer la tenue du stylo chez les Libanais quand ils écrivent en arabe et en français.

VII.2.1 Comparaison des Libanais droitiers quand ils écrivent les mots arabes et français

Résultats

Orientation

Les Libanais n'orientent pas leur stylo de la même façon quand ils écrivent en arabe (avec une moyenne de 176.1°, écart-type de 12.4°) et quand ils écrivent en français (avec une moyenne de 167.8°, écart-type de 13.8°) [$F_{(1,40)} = 4.348$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.097$] (voir figure 33).

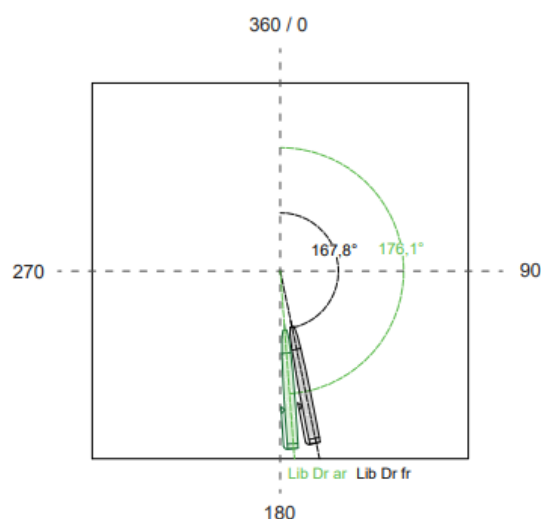


Figure 33: Orientation du stylo chez les droitiers Libanais quand ils écrivent en arabe (en vert) et en français (en noir).

Inclinaison

Les Libanais inclinent un peu plus vers le bas leur stylo quand ils écrivent en arabe (avec une moyenne de 54.0°, écart-type de 3.3°) que quand ils écrivent en français (avec une moyenne de 55.7°, écart-type de 4.1°) mais la différence n'est pas significative [$F_{(1,40)} = 2.202$, ns] (voir tableau 16).

Tableau 16: Angles du stylo chez les Libanais quand ils écrivent en arabe et en français

	Angles	Libanais-Mots français (N = 21)		Libanais-Mots arabes (N = 21)		ANOVA à mesures répétées	
		M	E. T	M	E. T	F	p
Mots	Orientation	167.8	13.8	176.1	12.4	4.348	0.043
	Inclinaison	55.7	4.1	54.0	3.3	2.202	0.146

En conclusion, les Libanais D n'orientent pas leur stylo de la même façon quand ils écrivent en arabe et en français mais ils l'inclinent de la même façon. Ils ont donc adopté une stratégie qui consiste à changer de position du stylo, en particulier son orientation, quand ils changent de sens d'écriture.

Quelles sont ces deux positions ? Sont-elles identiques à celles des monographes ? Autrement dit, les Libanais positionnent-ils leur stylo comme les Français quand ils écrivent en français et comme les Syriens quand ils écrivent en arabe ?

VII.3 Question 3c : Est- ce que le bigraphisme lui-même a un impact sur la tenue du stylo ?

VII.3.1 Question 3c' : Dans le système graphique latin?

Pour répondre à cette question nous allons comparer la tenue du stylo chez des Libanais et des Français lors de l'écriture de mots français.

Comparaison entre droitiers Libanais et Français lors de l'écriture du français

Résultats

Orientation

L'analyse de variance à mesures répétées montre un effet de groupe sur la variable Orientation : quand ils écrivent en français, les Libanais D n'orientent pas leur stylo comme les Français D. En effet, il existe une différence d'angles de 25 degrés entre les deux groupes. Comme vous pouvez le voir sur la figure 34, le stylo est davantage aligné avec l'axe principal de la feuille avec une moyenne 167.8° chez les Libanais (écart-type de 13.8°) contre une moyenne de 142.6° pour les Français (écart-type de 27.8°) ($F_{(1,56)} = 14.341$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.203$) (voir figure 34 et [annexe H](#)).

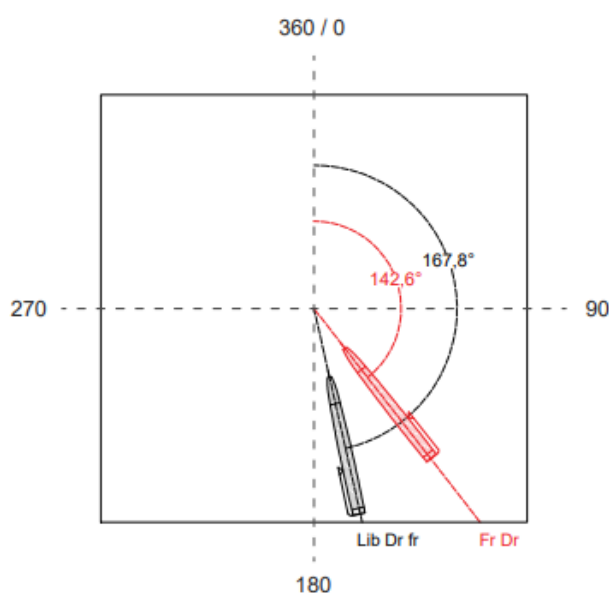


Figure 34: Orientation du stylo chez les droitiers Libanais (en noir) et Français (en rouge) - dans l'écriture des mots français.

Inclinaison

L'analyse n'a pas mis en évidence un effet du groupe sur l'Inclinaison du stylo qui est presque similaire entre les Libanais et les Français avec des moyennes respectives de 55.7° (écart-type de 4.1°) et de 57.6° (écart-type de 4.9) ; [$F_{(1,56)} = 2.189$, *ns*] (voir tableau 17).

Tableau 17: Angles du stylo chez les Libanais et les Français

	Angles	Libanais (N = 21)		Français (N = 39)		ANOVA à mesures répétées	
		M	E. T	M	E. T	F	p
Mots français	Orientation	167.8	13.8	142.6	27.8	14.341	0.0004
	Inclinaison	55.7	4.1	57.6	4.9	2.189	0.145

En conclusion, les Libanais et les Français D n'orientent pas leur stylo de la même façon relativement à la feuille mais ils l'inclinent de la même façon.

VII.3.2 Question 3c'' : Dans le système graphique arabe ?

Pour répondre à cette question nous allons comparer la tenue du stylo chez des Libanais et des Syriens lors de l'écriture de mots arabes.

Comparaison entre droitiers Libanais et Syriens lors de l'écriture de l'arabe

Résultats

Orientation

L'analyse n'a pas mis en évidence un effet de groupe sur l'Orientation : quand ils écrivent en arabe, les Libanais D orientent leur stylo comme les Syriens D avec une moyenne de 176.1° (écart-type de 12.4°) et de 174.3° (écart-type de 9.2°), respectivement ; [$F_{(1,41)} = 0.310$, *ns*] (voir figure 35).

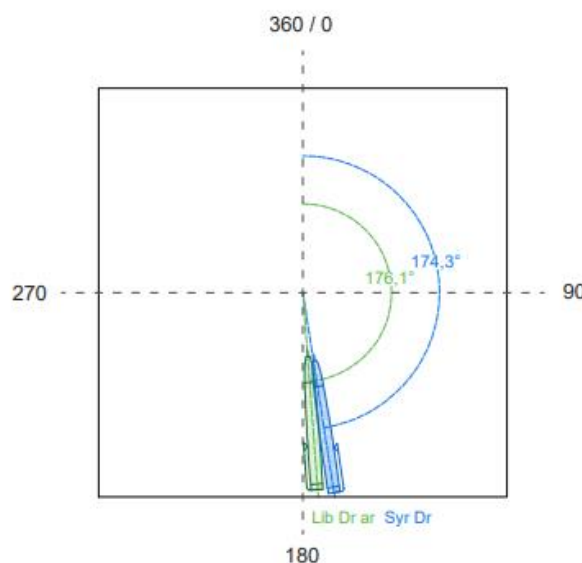


Figure 35: Orientation du stylo chez les droitiers Libanais (en vert) et Syriens (en bleu) dans l'écriture des mots arabes.

Inclinaison

L'analyse n'a pas montré d'effet du groupe sur l'inclinaison du stylo qui est de 54.0° chez les Libanais (écart-type de 3.3°) et de 52.9° chez les Syriens (écart-type de 2.1°) ; [$F_{(1,41)} = 1.760$, ns] (voir tableau 18).

Tableau 18: Angles du stylo chez les Syriens et les Libanais

	Angles	Syriens (N = 22)		Libanais (N = 21)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Mots arabes	Orientation	174.3	9.2	176.1	12.4	0.310	0.580
	Inclinaison	52.9	2.1	54.0	3.3	1.760	0.192

En conclusion, l'orientation et l'inclinaison du stylo sont donc les mêmes chez les D Libanais et Syriens qui écrivent en arabe.

VII.4 Synthèse des résultats de la question 3 sur les angles du stylo

L'ensemble des résultats sur l'orientation du stylo sont sur la figure 36.

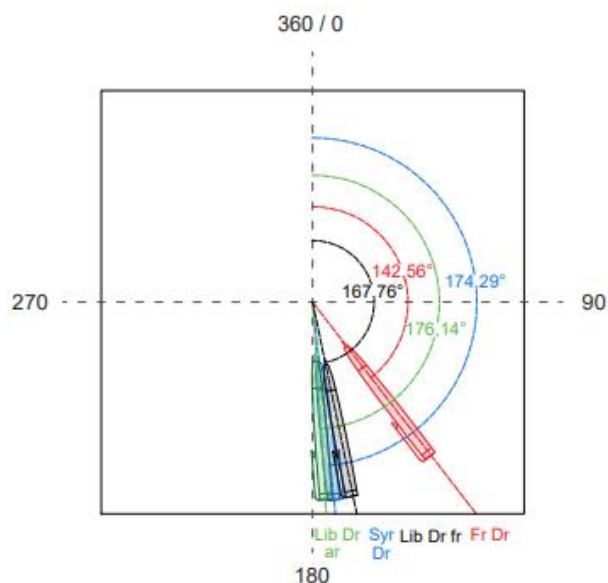


Figure 36: Orientation du stylo des 3 groupes dans les 4 conditions. En bleu : Syriens qui écrivent en arabe (174°), en vert : Libanais qui écrivent en arabe (176°) ; en noir : Libanais qui écrivent en français (168°) ; en rouge : Français qui écrivent en français.

Les monographes ne positionnent pas leur stylo de la même façon relativement à la feuille de papier lorsqu'ils écrivent l'arabe de droite à gauche et le français de gauche à droite.

La contrainte posturale imposée aux D qui écrivent de droite à gauche est probablement forte car les Libanais, quand ils écrivent en arabe, adoptent la même posture que les Syriens.

Bien qu'ils se rapprochent de l'orientation des Français, quand les Libanais écrivent en français, ils sont malgré tout dans une orientation nettement différente de celle des Français (168 degrés vs 143 degrés). On peut donc penser que pour écrire de gauche à droite (dextroverse) quand on est D, il y a davantage de possibilité de choix dans la tenue du stylo.

Quand ils écrivent en français, les Libanais changent l'orientation de leur stylo : ils s'écartent du Sud (176 degrés), vers lequel ils sont orientés quand ils écrivent en arabe, et s'orientent vers l'Est (168 degrés) pour se rapprocher de l'orientation du stylo des Français. Par conséquent, bien qu'ils aient deux orientations différentes quand ils écrivent les deux langues, ils n'adoptent pas totalement l'orientation des Français en français, alors qu'ils ont exactement la même que les Syriens quand ils écrivent en arabe.

En résumé, les Libanais s'adaptent de la façon suivante :

- Ils tiennent leur stylo comme les Syriens quand ils écrivent en arabe,
- Ils ne tiennent pas leur stylo comme les Français quand ils écrivent en français : ils ont une position intermédiaire entre celle pour l'arabe et pour le français, mais plus proche de celle de l'arabe.

Donc, ils changent de tenue de stylo quand ils changent de système graphique.

Pourquoi les scripteurs bigraphes D adoptent-ils pour le français une tenue de stylo intermédiaire ? Peut-être parce qu'elle minimise la production de traits dans les orientations préférentielles ?

Pourquoi respectent-ils la même tenue que les Syriens pour l'arabe ? Peut-être parce qu'écrire de droite à gauche est plus contraignant quand on est D et qu'on a moins de choix pour positionner le stylo ?

Indirectement, cela pose la question des relations entre la latéralité manuelle et le sens d'écriture que nous allons introduire de façon théorique dans le chapitre qui va suivre.

VIII. Question 4 : Sens d'écriture et latéralité manuelle

La quatrième question posée dans cette partie expérimentale est la suivante : Est-ce qu'il existe un sens d'écriture qui est plus favorable à une latéralité manuelle ?

Nous introduisons ici une nouvelle variable, la dominance latérale, afin d'examiner les éventuelles interférences entre la dominance manuelle et l'écriture du français et de l'arabe dans le contexte du bigraphisme arabo-français. L'idée sous-jacente à cette question est de vérifier s'il y aurait des interférences entre les directions opposées de ces deux SG et les orientations préférentielles des D et des G sur l'écriture de l'arabe et du français. Ces orientations préférentielles graphiques résultent de facteurs biomécaniques et coordinatifs. Nous allons donc revenir à quelques concepts importants dans ces deux approches.

VIII.1 Coordination motrice et tracés préférentiels

Ecrire implique les articulations du membre supérieur qui constituent le système effecteur. Chartrel & Vinter (2004) divisent ces articulations en deux groupes : les articulations proximales et les articulations distales. Leurs contributions relatives dépendent de l'amplitude des mouvements (Kaiser, 2009 ; Zesiger, 2003).

En ce qui concerne les articulations proximales, il s'agit de l'épaule et du coude qui sont respectivement responsables des mouvements du bras et de l'avant-bras et permettent par la suite les mouvements de translation (de gauche à droite pour le SG latin et de droite à gauche pour le SG arabe). Ces derniers assurent ainsi la connexion entre les lettres consécutives (Thomassen, Meulenbroek, & Lelivelt, 1994).

Pour les articulations distales, il s'agit du poignet mais aussi des articulations de la main et des doigts qui - par leur flexion, extension et rotation- assurent les mouvements d'inscription et gèrent la formation de lettres de petites tailles (Thoulon-Page, 2001).

Il existe des interactions entre les mouvements de translation et ceux d'inscription. L'ajout du mouvement de progression de la gauche vers la droite à la production d'une même forme provoquerait une diminution de la vitesse d'exécution de cette forme (Thomassen & Teulings, 1983 ; Maarse & Thomassen, 1983). Toutefois, la perturbation de cette progression horizontale n'engendrerait aucun changement sur les mouvements d'inscription (Thomassen & Meulenbroek, 1993, 1998 ; Thomassen & Teulings, 1983).

Différents muscles et articulations travaillent en synergie pour écrire. Le système effecteur possède 26 degrés de liberté¹⁰ (DDL) et implique au minimum quarante-trois muscles (van Emmerick & Newell, 1989). Néanmoins, tous les DDL ne sont pas utilisés lors de l'écriture spontanée produite à une taille normale. Ainsi, les mouvements réalisés pour former les lettres mettent principalement en jeu les articulations du poignet et des doigts. Bien que ce système

¹⁰ Le nombre de DDL d'une articulation correspond au nombre de rotations indépendantes permises entre les segments qu'elle relie (Viviani, 1994).

possède plus de 10 DDL, seuls deux sont considérés comme principaux dans les mouvements d'écriture (Teulings, 1996) :

- Un DDL est issu de la flexion-extension de toutes les articulations des doigts impliquées dans la prise du crayon, d'où résultent les mouvements d'aller-retour du stylo vers la paume de la main.
- Un autre DDL correspondrait à la rotation de l'ensemble de la main autour du poignet. C'est une combinaison d'une flexion-extension palmaire, flexion dorsale-abduction radiale et d'abduction ulnaire en fonction du niveau de pronation de l'avant-bras (Teulings, Thomassen & Maarse, 1989). En effet, les oscillations graphiques sur l'axe « y » de la feuille sont dues au fléchisseur profond des doigts, à l'extenseur commun des doigts et à l'extenseur de l'index. Les oscillations graphiques sur l'axe « x » de la feuille sont possibles grâce au fléchisseur radial du carpe (inclinaison radiale), au fléchisseur ulnaire du carpe et au long extenseur radial du carpe (inclinaison cubitale). Alors que les mouvements circulaires sont produits par l'extenseur commun des doigts, le fléchisseur radial du carpe, le fléchisseur profond des doigts et le fléchisseur ulnaire du carpe (Zesiger, 1995).

Dès les premières descriptions de l'écriture en mouvement, une correspondance a été effectuée entre les composantes x et y des déplacements du stylo et les composantes biomécaniques qui génèrent les mouvements coordonnés d'écriture. Nous développerons le modèle oscillatoire de Hollerbach (1981) afin d'explicitier cette correspondance.

VIII.1.1 Le modèle oscillatoire de Hollerbach (1981)

Ce modèle considère que l'écriture est une résultante des oscillations des deux axes du plan d'écriture auxquelles est associé un mouvement de translation du membre scripteur de la gauche vers la droite (l'étude se faisant dans un contexte de SG latin).

1. La première oscillation est antéro-postérieure dans le sens longitudinal de la feuille, correspondant au jeu des articulations digitales impliquées dans la prise de l'outil scripteur ;
2. La seconde oscillation est latérale et se fait dans le sens transversal de la feuille, correspondant au mouvement du poignet.

Dans ce modèle, on part du principe que les muscles se comportent comme des ressorts, et que le système poignet-doigts génère l'écriture par l'action de deux systèmes d'oscillation subissant une masse. Les lettres seraient le produit de deux systèmes d'oscillations horizontales et verticales. La modulation de l'amplitude, de la fréquence et de la phase des oscillateurs combinée à une constante translation de gauche à droite peuvent générer différentes formes de patrons. La figure 37 illustre quelques formes générées à partir du modèle de Hollerbach (1981) selon la modulation de la phase relative. La colonne A représente la position de chaque oscillateur en fonction du temps : x en rouge et y en bleu. La colonne B illustre la forme produite à partir de ces deux oscillations. La colonne C correspond à cette même forme produite en ajoutant la translation de la gauche vers la droite.

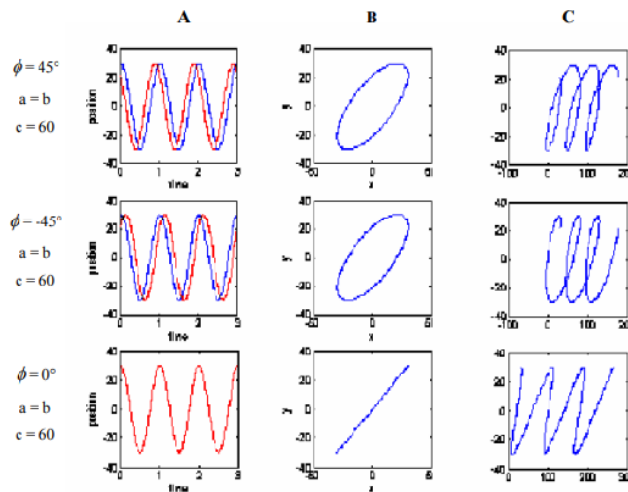


Figure 37: Exemples de formes générées à partir du modèle de Hollerbach (1981) selon la modulation de la phase relative

L'ajout d'une translation de vitesse vers la droite donne place à une séparation spatiale des lettres. La forme et l'inclinaison des lettres sont des variations d'amplitudes des oscillations. La figure 38 montre l'effet de la modulation de l'amplitude des oscillations dans la génération de courtes et de longues lettres dans la séquence « elye ».

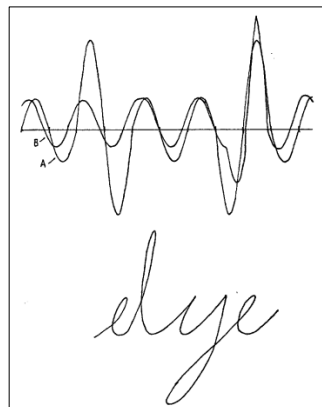


Figure 38: Effet de la modulation de l'amplitude des oscillations dans la génération de courtes et de longues lettres (Hollerbach, 1981). En dessus de l'écriture, la courbe A indique la vitesse verticale, la courbe B la vitesse horizontale

Également, en se basant sur le modèle d'Hollerbach, la correspondance entre les mouvements d'abduction-adduction du poignet et les déplacements horizontaux du stylo mais aussi entre les mouvements de flexion- extension des doigts et les déplacements verticaux a été trouvée durant la production d'écriture cyclique (Meulenbroek & Thomassen, 1992 ; Lelivelt Meulenbroek, & Thomassen, 1996).

En comparant les traces produites par les mouvements de flexion-extension des doigts uniquement et d'abduction-adduction du poignet uniquement, Dooijes (1983) et Dounskaïa *et coll.* (2000) ont montré que la direction des traces produites par les mouvements d'abduction-adduction du poignet (axe x') et les mouvements de flexion- extension des doigts (axe y') étaient toujours obliques par rapport aux déplacements horizontaux (axe x) et verticaux (axe y) du stylo. L'angle entre les deux composantes biomécaniques (x' et y') était de 70° (voir figure 39).

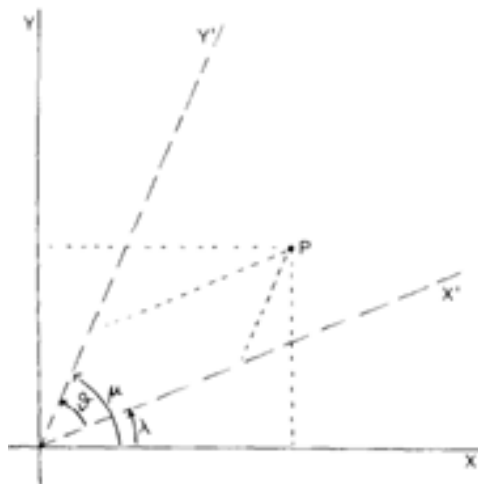


Figure 39: Les composantes X, Y des déplacements du stylo et les composantes biomécaniques X', Y' (Dooijes, 1983)

Malgré quelques différences « en termes d'angle relatif ou d'orthogonalité des composantes naturelles, la production de formes graphiques est le fruit de la coordination entre deux composantes x et y ou x' et y' » (Pick & Teulings, 1983 ; Maarse & Thomassen, 1983 ; Thomassen & Teulings, 1983, cités dans Sallagoïty, Athènes, Zanone & Albaret, 2004).

D'après Sallagoïty *et coll.* (2004), le modèle oscillatoire de Hollerbach (1981) présente différents avantages. Le premier est qu'il permet de construire les différentes formes de l'écriture cursive et ce à partir d'un nombre minime de paramètres. Le deuxième est que l'unité de segmentation de la trace ainsi que le passage d'une forme à une autre sont bien clairement définis. Ce dernier se produit lorsque la vitesse verticale s'annule. De même, ce modèle confirme la présence de certaines régularités dans le tracé. Chaque unité serait contrôlée par le système nerveux central en modulant de manière indépendante les paramètres de phase, de fréquence et d'amplitude de chaque composante oscillatoire.

Toutefois, ce modèle présente quelques limites (Sallagoïty *et coll.*, 2004 ; Danna *et coll.*, 2011). La première est que l'on peut se demander comment le système nerveux central fait pour repérer les moments où la vitesse verticale s'annule et effectuer les changements nécessaires sans arrêter le mouvement. La deuxième réside dans le fait que le changement de formes se fait par l'intermédiaire d'un ajustement indépendant des paramètres de chaque oscillateur à des moments définis ; ce qui va à l'encontre de certaines données empiriques. En effet, les études de Pick & Teulings (1983), de Maarse & Thomassen (1983) et de Thomassen & Teulings (1983) ont montré qu'il existe une forte dépendance entre les composantes verticales et horizontale du système effecteur et qu'il était impossible de moduler d'une façon indépendante la hauteur et la largeur d'une lettre. La troisième limite de ce modèle est qu'il combine d'une façon linéaire les composantes oscillatoires de la trajectoire (x , y). Ceci dit, en nous basant sur ce modèle, nous ne devons pas avoir des distinctions entre les différentes coordinations produites : ces dernières devraient être toutes effectuées avec la même précision.

VIII.1.2 Approche dynamique de la coordination graphomotrice

Ecrire est perçu dans l'approche dynamique de la coordination comme étant le résultat d'un compromis entre les formes requises du SG et les contraintes biomécaniques du membre effecteur (Schöner & Kelso, 1988 ; Albaret *et coll.*, 2013). Cette approche permet de

comprendre comment le système effecteur est capable grâce au couplage¹¹ non-linéaire entre les différents composants du système de contrôler l'action à travers une seule variable collective.

Le phénomène d'auto-organisation explique comment ces systèmes complexes ont la capacité de se modifier, de se paramétrer dans le temps et l'espace pour assurer une stabilité du mouvement tout en tenant compte des contraintes comportementales et environnementales (Sallagoity *et coll.*, 2004). Cette auto-organisation produit des comportements moteurs plus stables que d'autres, appelés patrons de coordination préférentiels (Kelso & Schöner, 1987 ; Kelso, Schöner, Scholz, & Haken, 1987). Ces derniers ont comme caractéristiques : la stabilité et l'inaccessibilité des patrons de coordination.

La stabilité est définie comme étant la capacité du système à garder une structuration spatio-temporelle en dépit des contraintes qui peuvent survenir : plus un patron est stable, plus la résistance aux contraintes est possible. En ce qui concerne la déviation standard de la phase relative, plus elle est faible et plus le patron est stable. Des études sur l'apprentissage au niveau de la coordination bimanuelle ont montré que des patrons originellement instables pouvaient être stabilisés par la pratique (Fink, Foo, Jirsa & Kelso, 2000 ; Smethurst & Carson, 2001) et être intégrés de façon permanente à la dynamique de coordination initiale (Zanone & Kelso, 1992). Il en est de même pour la tâche d'écriture : une longue pratique du geste graphique permet aux individus d'enrichir progressivement leur dynamique de coordination en stabilisant de nouveaux patrons de coordination imposés par la tâche d'écriture.

Pour la caractéristique d'inaccessibilité, la variable collective est attirée par les patrons de coordination préférentielle. Ces derniers sont considérés comme des attracteurs. En effet, les patrons de coordinations qui ne correspondent pas à ceux qui sont préférentiels sont peu précis et stables et tendent à dévier vers le patron de coordination le plus proche (Schöner & Kelso, 1988).

VIII.1.3 Tracés préférentiels

Les patrons de coordination préférentiels génèrent des tracés préférentiels, qui sont les plus choisis car plus faciles à produire au niveau coordinatif ; ces tracés préférentiels ont des orientations préférentielles, des formes préférentielles et un sens de rotation préférentiel (van Sommers, 1984 ; Thomassen & Tibosch, 1991 ; Meulenbroek & Thomassen, 1991 ; Thomassen & Meulenbroek, 1998 ; Dounskaïa *et coll.*, 2000).

L'étude de van Sommers (1984) sur la distribution des orientations préférentielles lors de la production de formes géométriques et l'écriture de caractères isolés chez des adultes D et G montre que chez les D, les traits sont préférentiellement produits dans des orientations comprises entre 1h30 et 3h00 et entre 5h00 et 7h30 dans le cadran horaire (voir Figure 40). Aucune orientation préférentielle n'est notée entre 7h30 et 1h30 ni autour de 4h. Chez les G, les orientations préférentielles sont grossièrement en miroir de celle des D. Toutefois, une orientation supplémentaire a été observée autour de 2h dans le cadran horaire ; sa symétrie

¹¹ Le couplage est défini par Danna (2011) comme étant une dépendance mutuelle entre les composants du système effecteur permettant une organisation collective entre les différents éléments du système.

n'étant pas présente chez les D. La présence de ces orientations préférentielles chez les D et les G semble être tributaire des contraintes biomécaniques mais également du SG envisagé et de la dominance manuelle. En effet, les orientations préférentielles résultent des contraintes biomécaniques liées au membre effecteur. L'orientation préférentielle autour de 2h qui existe à la fois chez les D et les G a été interprétée comme la résultante des contraintes imposées par l'écriture conventionnelle (latine cursive). La progression de la gauche vers la droite imposerait ainsi une orientation préférentielle commune chez les D et les G. De même, Newell et van Emmerik (1989, cité dans Nonaka, 2017) postulent que la direction générale de l'écriture associée à la dominance manuelle fournit des contraintes qui conduisent à l'acquisition de nouveaux schémas de coordination. L'apprentissage, la pratique et la stabilisation de ces patrons de coordinations sont influencés par les différences individuelles et les conditions de la tâche (Danna, 2011).

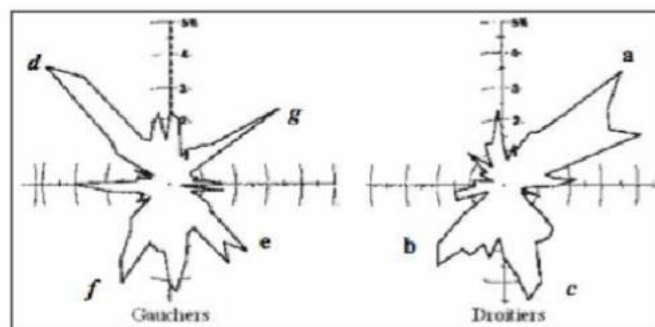


Figure 40: Orientations préférentielles de droitiers et de gauchers (extrait de van Sommers, 1984)

Quant aux formes préférentielles, elles semblent être dépendantes des contraintes liées à l'effecteur mais aussi des contraintes de vitesse d'exécution. En effet, les tracés dans les directions obliques sont les plus observés parmi les autres directions de l'espace graphique car ils correspondent aux contraintes liées à l'effecteur (Meulenbroek & Thomassen, 1991). La production des ellipses est plus stable et rapide que celle des cercles (Dounskaïa *et coll.*, 2000). L'ajout de la contrainte de vitesse à la production d'un cercle contribue à la création des ellipses dans l'orientation 1h30 chez les D et dans l'orientation 10h30 chez les G (voir Figure 41).

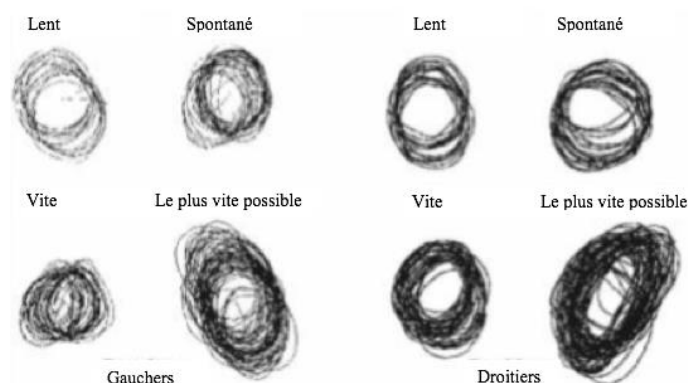


Figure 41: Directions des ellipses chez l'échantillon examiné (Dounskaïa et al., 2000)

Quant au sens de rotation préférentiel, une préférence pour le sens antihoraire a été notée chez des adultes D lors de la production de cercles (Faure, 2006). Ce sens de rotation préférentiel est tributaire du système d'écriture envisagé. Comme déjà mentionné dans la partie concernant la « grammaire de l'action de l'écriture du français, p.40 », un passage du sens de rotation horaire naturel au sens de rotation anti-horaire se produit chez les adultes D sous l'effet de la pratique intensive des activités d'écriture dans le SG latin (Meulenbroek *et coll.*, 1993). Ce changement permet de stabiliser le point final de la trace et de rendre le geste plus fluide (Viviani, 1998 ; Lambert & Espéret, 1997). D'après l'étude de Goodnow & Levine (1973), le changement de sens de rotation de cercle n'est visible que dans le contexte d'un apprentissage de l'alphabet latin. Aucun changement du sens de rotation n'est noté chez les enfants qui apprennent à écrire en arabe ou en hébreu (de droite à gauche). Les résultats de Kebbe (2012) divergent légèrement de ceux de Goodnow & Levine (1973). Son étude montre que les cercles sont tracés dans le sens anti-horaire chez les Français et les Syriens avec toutefois une tendance de rotation dans le sens de rotation anti-horaire qui est plus remarquable chez les Français.

Au niveau de la translation horizontale, les résultats de plusieurs études relèvent une tendance générale pour les D à produire des lignes horizontales de la gauche vers la droite et une tendance vers la direction opposée chez les G (Goodnow, 1977 ; van Sommers, 1984 ; Meulenbroek & Thomassen, 1991 ; de Agostini & Chokron, 2002). D'après Reed & Smith (1961), il est plus facile d'exécuter des translations excentrées qui se caractérisent par des mouvements extenseurs partant du corps vers l'extérieur. Ces dernières sont ainsi décrites comme étant plus rapides, plus précis et moins fatigants que les mouvements fléchisseurs allant vers l'intérieur (Brown, Knauff & Rosenbaum, 1948 ; Bartlett, 1957). Le sens horizontal d'écriture droite-gauche ou gauche-droite impose des mouvements différents, qui ne mobilisent pas les systèmes musculosquelettiques exactement de la même façon. Pour un scripteur D, écrire dans le SG latin, de la gauche vers la droite, est réalisé grâce à un mouvement général d'abduction (qui éloignent la main du corps). A l'inverse, pour écrire dans l'alphabet arabe, de la droite vers la gauche, il faut réaliser un mouvement général d'adduction (qui approche la main du corps).

Au niveau des traits obliques, la direction préférée des mouvements pour des D est la direction correspondant à un mouvement du bas-gauche vers le haut-droite (entre 1h30 et 3 h sur le cadran horaire) (Danna *et coll.*, 2011) alors qu'elle serait en miroir pour les G (van Sommers, 1984).

Les études de van Sommers (1984), de Meulenbroek *et coll.* (1991) et de Dounskaïa *et coll.* (2000) ont rapporté que lors de la production de l'ensemble des formes graphiques présentes dans l'écriture, la présence de tracés préférentiels chez les D et les G est indéniable. La figure 42 illustre des traits dessinés par des participants D et G selon quatre conditions : a) uniquement avec le poignet, b) uniquement avec les doigts, c) en condition « équivalent » où la flexion-extension des doigts se fait simultanément avec celle du poignet, d) en condition « non-équivalent » où la flexion des doigts est combinée à l'extension du poignet et inversement. Nous pouvons voir que les traits effectués par les D et les G sont grossièrement symétriques.

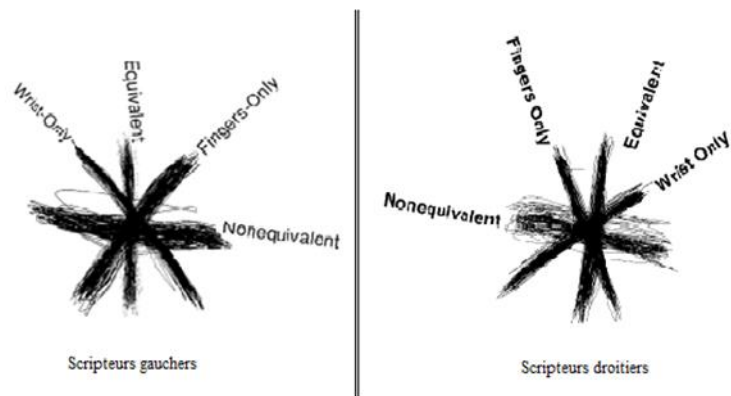


Figure 42: Traits dessinés par des participants droitiers et gauchers (d'après Dounskaïa *et coll.*, 2000)

VIII.2 Les mouvements d'écriture selon la latéralité manuelle

La latéralité manuelle dépend de deux facteurs la spécialisation hémisphérique et les facteurs culturels. Nous développerons ces notions dans un premier temps, puis nous exposerons la revue de littérature relative à la qualité de l'écriture et à l'écriture en miroir selon la latéralité manuelle. Les directions des SG peuvent ne pas toujours correspondre aux gestes naturels et préférentiels du membre effecteur, engendrant par conséquent des contraintes au niveau de l'écriture. De ce fait, nous présenterons à la fin de ce chapitre la nature de ces contraintes.

VIII.2.1 La latéralité manuelle

La latéralité est la dominance fonctionnelle d'un côté du corps humain sur l'autre. Selon Azemar (1975), il s'agit d'une « asymétrie fonctionnelle observée au niveau des segments corporels » qui se traduit au niveau comportemental par la prévalence de l'utilisation d'un membre ou d'une partie du corps par rapport à son homologue. Cette asymétrie fonctionnelle amène l'individu à utiliser d'une façon préférentielle les membres du côté droit ou ceux du côté gauche (au niveau des mains, des jambes ou des yeux) pour effectuer des conduites spontanées ou dirigées d'une façon performante (Fagard, 2001). Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons plus particulièrement à la latéralité manuelle.

La latéralité manuelle est le reflet de la spécialisation manuelle. Elle concerne la préférence d'utilisation d'une main dans les tâches unimanuelles nécessitant une habileté élevée, comme par exemple écrire, peindre, jouer au tennis, etc. On parle généralement de main dominante qui est utilisée spontanément, même pour les nouvelles activités. A la notion de préférence manuelle s'ajoute la notion de performance manuelle (Corey et coll, 2001, cité dans Albaret *et coll.*, 2013). La performance manuelle consiste à avoir une meilleure efficacité avec une main par rapport à l'autre. Ces performances se mesurent en termes de précision et de vitesse. Le sujet D va donc utiliser de préférence, et avec plus d'habileté, la main droite pour la plupart des activités. À l'inverse, le G se servira de la même manière de sa main gauche. Notons que les notions de préférence et de performance manuelle ne sont pas toujours homogènes, comme par exemple chez le scripteur G contrarié.

La latéralité manuelle est la conséquence d'une asymétrie cérébrale¹². Que veut dire cette asymétrie anatomique d'un point de vue fonctionnel ? Il a fallu attendre les Imageries par Raisonance Magnetique (IRM) pour mettre en rapport un indice d'asymétrie anatomique du

¹² Cette dernière sous-entend les termes de spécialisation d'un hémisphère dans une fonction donnée et de latéralisation d'une fonction à un hémisphère (Habib, 2009). Les apports des neurosciences nous dévoilent toutefois que, vu la richesse des connexions interhémisphériques, un hémisphère ne peut être le seul impliqué dans une fonction et qu'une fonction ne peut être strictement localisée à un hémisphère. Les deux hémisphères cérébraux jouent un rôle complémentaire (Gendrier, 2004).

cortex cérébral et un indice de latéralité, principalement la manualité (Habib & Robichon, 2003). Les études de Rasmussen & Milner (1977) ont montré un lien fort entre la latéralisation gauche du langage et la droiterie manuelle : en effet, plus de 95 % des D auraient le langage latéralisé à l'hémisphère gauche. Chez les G, cette forte corrélation entre la préférence manuelle et la latéralité des fonctions langagières n'est pas toujours retrouvée : la dominance cérébrale pour le langage se situe dans l'hémisphère gauche pour 70% des G ; elle peut également se situer dans l'hémisphère droit (chez 15% de cette population) et dans les deux hémisphères (pour les 15% restant).

Latéralité manuelle et facteurs culturels

Bien que les données de la littérature suggèrent que les prédispositions de la latéralité manuelle soient déjà présentes durant la vie fœtale (Hepper, Wells & Lynch., 2005), elles n'excluent pas le rôle des facteurs environnementaux et culturels dans la stabilisation de cette latéralité (Schaafsma, Riedstra, Pfannkuche & Groothuis, 2009). En effet, pendant la petite enfance, la latéralité manuelle montre encore des fluctuations considérables (Gesell & Ames, 1947 ; Goldfield & Michel, 1986 ; Corbetta, Williams & Snapp-Childs, 2006 ; Michel, Tyler, Ferre & Sheu, 2006). Ce n'est que vers l'âge de 4 ans que la distribution de la prévalence manuelle paraît très proche de celle retrouvée chez l'adulte. De Agostini & Dellatolas (2001, cité dans Milenković, Paunović & Kocijančić, 2016) ont montré que des facteurs sociaux et culturels peuvent impacter la dominance manuelle de trois manières : en changeant la préférence d'utilisation d'une main pour une activité unimanuelle sans changer son utilisation pour d'autres activités ; en réduisant le degré de dominance de la main ; en changeant complètement la dominance de la main.

Pendant longtemps, la répression anti-gauchers était fortement présente dans toutes les populations où la main gauche était associée au mal, à quelque chose de sinistre (le terme « gauche » est la traduction du mot « sinister » en latin) et était réservée aux basses besognes (se moucher, nettoyer, etc.). De nos jours, l'interdiction explicite d'utiliser la main gauche, souvent basée sur des textes religieux, a disparu dans les pays anglo-saxons et dans les pays occidentaux. Être gaucher est plus toléré culturellement. Ainsi, dans plusieurs pays occidentaux, le pourcentage de G dans la population a augmenté : en France, il est passé de 8% en 1977 à 13 % en 2005 selon une enquête réalisée par l'association lesGauchers.com (six garçons pour quatre filles). En réalité, comme l'a démontré l'étude de Papadatou- Pastou, Ntolka, Schmitz & Paracchini (2020), le pourcentage de G avoisinerait les 11 % (avec une marge qui s'étend entre 9.3% et 18.1%). Or, dans d'autres cultures, cette répression est encore présente pour des raisons religieuses et culturelles. Comme le montre l'étude de McManus (2009), le pourcentage de G dans la population est de 2 % en Corée, de 2.5% au Mexique et de 4.7% au Japon. Elle est de 5.1% au Soudan (Alhassan, 2018). Au Liban, ce n'est que depuis quelques décennies que les G sont mieux acceptés et mieux accompagnés dans leur scolarité, entraînant une augmentation du nombre de scripteurs G. Cependant, aucune étude ne révèle le pourcentage d'individus G dans la population. Certes, les

influences socio-culturelles demeurent encore très fortes dans certains pays, ce qui confirme que les pressions sociales agissent sur l'acquisition de la latéralité manuelle chez l'enfant. Cette interdiction d'écrire avec la main gauche pour les individus G - qui devaient naturellement utiliser la main gauche pour écrire mais qui ont été incités à écrire de la main droite - a créé la situation de gaucherie contrariée.

Parallèlement aux pressions explicites de l'environnement contre l'utilisation de la main gauche, nous pouvons également évoquer le rôle implicite de l'environnement. En effet, l'influence du milieu familial se manifeste plus ou moins en fonction de la latéralité des parents dans la mesure où les parents D exercent inconsciemment plus de pressions sur leurs enfants quant à l'utilisation de l'une ou de l'autre main, que les parents G (Michel, 1992 ; McManus, 2002). De plus, Harkins & Uzgiris (1991) mettent en évidence le rôle de l'imitation précoce dans l'utilisation préférentielle d'une main car ils constatent un fort niveau de concordance entre la main utilisée par la mère et celle utilisée par le bébé. Également, ce milieu exerce une pression implicite contre l'utilisation de la main gauche dans la mesure où nous vivons dans un monde de D où la vie pratique est organisée autour des D (ouvre-boîte, ciseaux, poignée de porte, etc.) et les G appartiennent à une catégorie minoritaire (Porac & Coren, 1981).

Les facteurs culturels, tels que les habitudes d'écriture, peuvent impacter l'organisation du cerveau. Mais est-ce qu'il existe une organisation neuronale asymétrique pour la fonction d'écriture ?

Une spécialisation hémisphérique pour l'écriture ?

L'examen post-mortem des cerveaux de quatre patients D devenus agraphiques a permis à Sigmund Exner en 1881 de tirer des conclusions sur la spécialisation de certaines parties du cerveau dans le lobe frontal de l'hémisphère gauche, notamment dans le cortex prémoteur. D'autres observations cliniques de sujets agraphiques ont mis en relief la place du cortex pariétal postérieur de l'hémisphère gauche dans l'organisation des gestes graphiques. L'écriture sous dictée active fortement l'hémisphère gauche chez des adultes D, notamment au niveau du cortex prémoteur dorsal, le cortex prémoteur ventral et le cortex pariétal supérieur (Longcamp, Velay & Kandel, 2014). La spécialisation de l'hémisphère gauche dans l'écriture chez des individus adultes D est évidente lorsque les sujets écrivent des formes déjà connues comme les lettres ou bien lorsqu'ils écrivent des mots. Toutefois, chez les enfants (âgés entre 8 et 11 ans) en situation d'apprentissage, cette spécialisation de l'hémisphère gauche n'est valide que pour l'écriture des lettres. Pour l'écriture des mots, les deux hémisphères sont activés (Palmis, Fabiani, Danna, Velay & Longcamp, 2021). Par conséquent, il serait illusoire de tenter de déterminer la latéralité manuelle des enfants en se basant uniquement sur leur activité cérébrale lors de l'écriture. Les études susmentionnées ont été effectuées auprès de sujets D. Mais qu'en est-il pour les sujets gauchers ?

A notre connaissance, aucune des études n'a examiné la latéralisation hémisphérique des activations lors de l'écriture chez les sujets G. Ceci pourrait être expliqué par l'aspect « variable » de la latéralisation hémisphérique chez ces sujets qui s'oppose aux schémas assez cohérents de « latéralisation typique » chez les D. Le cerveau des G ne se présente pas comme étant une réplique en miroir du cerveau des D. Autrement dit, l'organisation neuronale n'est pas inversée. Les « G ne sont donc pas des D à l'envers » (Azémar, 2016). En effet, en ce qui concerne les schémas de latéralisation du langage, ils sont plus variables chez les G que chez les D avec un pourcentage approximatif de latéralisation hémisphérique à gauche à 95% chez les D et à 75% chez les G (Pujol, Deus, Losilla & Capdevila, 2009 ; Flöel, Buyx, Breitenstein & Knecht, 2005 ; Knecht, Dräger, Deppe & Henningse, 2000b). La latéralisation du langage est davantage distribuée entre les deux hémisphères chez les G (Josse & Tzourio-Mazoyer, 2004). De même, dans la tâche de bissection de lignes qui est utilisée pour examiner l'attention spatiale qui est elle-même latéralisée à droite, les sujets D ont montré un fort biais vers la gauche dévoilant qu'ils sont fortement latéralisés à droite pour cette fonction ; alors que chez les sujets G, cette latéralisation à droite a été réduite à 74% (Flöel *et coll.*, 2005). Également, dans les tests de visages chimériques, les études ont dévoilé que les G comme les D ont un biais de champ visuel gauche, indiquant une dominance de l'hémisphère droit pour la tâche, avec toutefois une réduction de ce biais chez les G (Harris, Almerigi, Carbary & Fogel, 2001 ; Hellige *et coll.*, 1994 et Luh, 1995, cités dans Bourne, 2008).

L'écriture est une activité très latéralisée. C'est une praxie qui s'acquiert progressivement en utilisant une main, d'habitude la main dominante. Son usage permet au scripteur d'écrire des lettres, des mots, des phrases et des paragraphes d'une manière lisible et performante.

VIII.2.2 Latéralité manuelle et qualité de l'écriture

Un grand nombre d'études effectuées sur des scripteurs monographes qui écrivent dans **le système graphique latin** ne montrent aucune différence entre les D et G au niveau des variables spatiales et dynamiques (Meulenbroek, 1989 ; Meulenbroek *et coll.*, 1989) mais aussi au niveau de la qualité graphique et la fréquence d'inscription (Vlachos & Bonoti, 2004 ; Charles, Soppelsa & Albaret, 2003 ; Vinter & Zesiger, 2008 ; Soppelsa & Albaret, 2013). C'est aussi le cas de l'étude de Ziviani & Watson-Will (1998) qui ne révèle aucune différence significative en ce qui concerne le temps requis pour écrire un mot chez les D et G. Dans la population d'étalonnage de la version française du BHK (Charles *et coll.*, 2003), constituée de 722 enfants D et 115 enfants G âgés de 6 à 11 ans, aucune différence n'est retrouvée entre ces deux groupes pour la fréquence d'inscription et pour les différents critères qualitatifs. Les lettres écrites par les scripteurs D et G ont tendance à s'incliner vers la main qui écrit : cette inclinaison est vers la droite (vers l'avant) pour les scripteurs D et vers la gauche (vers l'arrière) pour les scripteurs G (Goodnow & Levine, 1973 ; Goodnow, 1977 ; Yoshiaki, 1980).

D'autres études, moins nombreuses, montrent un désavantage chez les G. Steenhuis & Bryden (1989) ont révélé des scores inférieurs chez les G quant à la vitesse d'écriture. Phelps, Stempel & Speck (1985) ont repéré une tendance chez les scripteurs D à écrire plus rapidement que les scripteurs G. De même, il a été révélé que les G ont un nombre et une durée de levers légèrement plus longue que les D, ce phénomène renverrait à la posture manuelle du G pénalisante lors de l'écriture en Français (Meulenbroek *et coll.*, 1992). Enfin, lorsqu'on compare les scripteurs dont l'écriture est rapide et précise et ceux que l'on peut considérer dysgraphiques, une plus grande prévalence de D est trouvée dans la première catégorie et une surreprésentation de G au sein des dysgraphiques (Vlachos & Bonoti, 2004).

En ce qui concerne **le système graphique arabe**, les études ciblant l'écriture des scripteurs G monographes sont rares. La revue de la littérature rapporte qu'il existe une seule étude effectuée par Alkahtani en 2013 qui a comparé la signature en arabe des sujets D et G. Comme c'est le cas pour l'écriture latine, aucune différence n'a été repérée entre les D et les G au niveau de la précision (la ressemblance avec le modèle de signature procuré), de la forme des lettres et des liens entre elles, de la « qualité des lignes » (la pression et la vitesse) ainsi qu'au niveau de la « proportion » (taille, longueur des traits, longueur des espaces entre les traits). Toutefois, des différences ont été révélées au niveau de l'inclinaison des lettres et de l'alignement des lettres par rapport à la ligne de base. Les scripteurs G ont tendance à incliner les traits obliques des lettres arabes vers le côté de la main qui écrit (vers la gauche) et à faire monter la ligne de leur écriture au fur et à mesure qu'ils écrivent vers la gauche. Il est nécessaire de mentionner que l'ensemble des études précitées ont été menées auprès d'individus monographes.

VIII.2.3 Ecriture en miroir et dominance manuelle

Tankle & Heilman (1983) se sont intéressés à vérifier si les scripteurs G étaient plus habiles que les D à l'écriture en miroir. Les D et les G ont été divisés en deux groupes. Le premier groupe a écrit les trois premières phrases avec la main droite et les trois dernières phrases avec leur main gauche. Le second groupe l'a fait dans l'ordre inverse. Indépendamment de la main utilisée, les G ont commis moins d'erreurs que les D et ont écrit les mots en miroir plus rapidement que ces derniers. Cette rapidité chez les G a été interprétée par les auteurs comme une habileté à inverser les directions. Également, la main gauche chez les D et les G était meilleure que la main droite au niveau de la formation des lettres en miroir. Cette supériorité de la main gauche dans l'écriture en miroir est appuyée par l'hypothèse d'Orton (1928, cité dans Tankle & Heilman, 1983) qui postule que les engrammes miroirs sont encodés dans l'hémisphère non dominant. D'après Orton, vu que la plupart des G ont une dominance de l'hémisphère gauche pour le langage, les engrammes miroirs peuvent être stockés dans l'hémisphère droit. Ce dernier contrôle les mouvements de la main gauche. Par conséquent, les G peuvent être meilleurs dans l'écriture en miroir car, contrairement aux D qui écrivent avec leur main préférée, ils ont un accès plus direct à ces engrammes miroirs.

Les résultats de cette expérience sont également compatibles avec l'hypothèse de Brown, Knauff et Rosenbaum (1948) selon laquelle les mouvements abducteurs sont plus précis que les mouvements adducteurs. Lorsque les G utilisent leur main préférée pour écrire en miroir, ils font des gestes abductifs, alors que les D utilisent des mouvements adductifs.

En utilisant une tablette digitale, Tucha *et coll.* (2000) ont examiné les performances d'écriture ordinaire et en miroir de scripteurs G, D et G contrariés. Tous les scripteurs D et G contrariés avaient une posture non inversée de la main alors que 13 G avaient une posture inversée. Sous l'hypothèse de Tankle & Heilman (1983), selon laquelle les G ont de meilleures performances dans les tâches d'écriture en miroir, les auteurs s'attendaient à ce que ces scripteurs produisent moins d'inversions dans leurs profils de vitesse et d'accélération que les D. Effectivement, les résultats de cette expérience ont montré que les scripteurs G ont produit moins d'inversions que les D dans leurs profils de vitesse et d'accélération dans la tâche d'écriture en miroir avec la main préférée. De plus, les scripteurs D ont produit plus d'inversions dans leurs profils que les G contrariés. Toutefois, contrairement aux résultats de Tankle & Heilman (1983), la supériorité observée chez les G se révèle uniquement au niveau de l'écriture en miroir avec la main préférée ; aucune différence entre les groupes n'a été montrée au niveau de l'écriture en miroir avec la main non préférée. Cette tâche était complexe pour les deux groupes : aucun des groupes n'était capable d'exécuter les mouvements d'écriture avec un débit régulier. De plus, les G ne se sont pas différenciés des G contrariés dans la tâche d'écriture en miroir avec la main non préférée. Ces résultats réfutent l'hypothèse de Brown et ses collègues (1948) qui postulent que les mouvements abducteurs étaient exécutés avec plus de précision que les mouvements adducteurs et que par conséquent les scripteurs D devraient être meilleurs que les G dans la tâche d'écriture en miroir lorsqu'ils utilisent leur main non préférée.

Wang (1992) a étudié la fréquence d'apparition de l'écriture en miroir chez des enfants et des adultes en leur demandant d'écrire avec la main dominante et non dominante. Les résultats de son étude ont montré que, chez les enfants d'âge préscolaire, la prévalence d'apparition de cette écriture est plus importante avec la main gauche qu'avec la main droite (avec des pourcentages respectifs de 48.5% et de 22.2%). Cette fréquence diminue significativement chez les enfants d'âge scolaire (10% chez les G, 0% chez les D) et disparaît presque à l'âge adulte. D'après l'auteur, le facteur biomécanique du membre effecteur semble jouer un rôle dans l'apparition de l'écriture en miroir uniquement chez les enfants ; le rôle de ce facteur diminue avec l'âge.

La dominance manuelle a été longtemps considérée comme un facteur important dans l'apparition de l'écriture en miroir, cette dernière était fortement associée à la latéralité manuelle gauche (Tashiro *et coll.*, 1987). Les données actuelles de la littérature ne montrent toutefois aucune différence au niveau de sa prévalence entre les scripteurs D et G (Cubelli & Della Sala, 2009 ;

Della Sala & Cubelli, 2007 ; Fischer, 2013 ; Fischer & Koch, 2016a ; Simner, 1984) et vont ainsi à l'encontre de l'hypothèse des engrammes miroirs.

VIII.2.4 Système graphique et contraintes liées à la dominance manuelle

Il est évident que le mouvement d'écriture dépend du système effecteur. Nous avons exposé dans la partie relative aux « caractéristiques spécifiques relatives aux SG arabe et latin » la grammaire d'action qui est requise pour chacun. Nous cherchons à présent à relever les possibles contraintes qu'un G pourrait rencontrer lors de la transcription du SG latin et celles qu'un D pourrait rencontrer lors de l'écriture du SG arabe. Ceci nous permettra de comprendre les éventuelles interférences entre la latéralité manuelle et les deux SG dans le contexte du bigraphisme arabo-français.

Contraintes chez les gauchers lors de l'écriture du français

L'écriture cursive est caractérisée par des reliures entre les lettres pour former les mots. De plus, l'alphabet latin contient principalement des lettres qui s'inscrivent dans le sens antihoraire. Il s'agit des lettres suivantes : « a », « b », « c », « d », « e », « i », « j », « l », « o », « p », « q », « r », « s », « t », « u », « v », « w », « x », « y ». Seules les lettres « m » et « n » sont inscrites dans le sens horaire.

Or, comme déjà susmentionné, les orientations préférentielles naturelles des scripteurs G sont naturellement opposées à la direction générale de l'écriture latine et à l'orientation anti-horaire de ces lettres. Un G trace préférentiellement des lignes de droite à gauche et effectue des boucles dans le sens horaire (Meulenbroek *et coll.*, 1989). La direction de la progression du SG latin ne correspond pas au geste spontané du G qui est obligé de pousser sa plume au lieu de la tirer (Meulenbroek *et coll.*, 1991). De plus, le sujet G qui présente une tenue droite de l'outil scripteur peut être gêné par la progression du bras qui se rapproche de son corps mais aussi par le fait que sa main cache ce qu'il vient d'écrire au fur et à mesure de la progression. Le mouvement du scripteur G n'étant pas adapté au sens conventionnel gauche-droite, son écriture en français pourrait être plus lente que celle d'un D. Ceci a d'ailleurs été noté par les études de Steenhuis & Bryden (1989) et de Phelps *et coll.* (1985). La diminution du feed-back visuel par la main qui écrit peut entraîner des erreurs d'épellation telles l'omission ou la répétition de lettres (Athènes & Guiard, 1991).

Contraintes chez les droitiers lors de l'écriture de l'arabe

Tandis que le mouvement de base de la majorité des lettres arabes est formé dans le sens horaire, seulement trois lettres s'inscrivent avec des mouvements antihoraires (ع, غ, ء) (Menasri, 2008). Quelques formes demandent un mix des deux mouvements horaire et antihoraire : ح, خ, ج, ي (voir Figure 43).

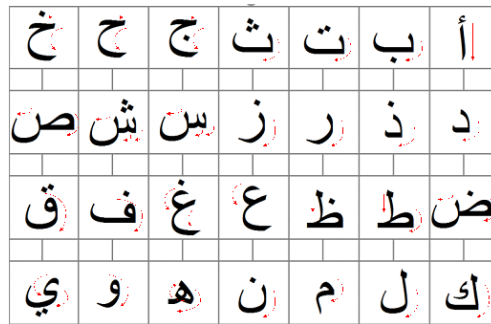


Figure 43: Sens de rotation des lettres arabes

Ainsi, les mouvements nécessaires à l'écriture de l'arabe qui est formé de lettres majoritairement tracées en sens horaire sont antagonistes aux mouvements préférentiels du scripteur D. Le SG arabe pourrait être plus laborieusement transcrit par les scripteurs D vu qu'il bloque le mouvement du D, de la même manière que l'écriture latine bloque le mouvement du scripteur G (Galobardes, Bernstein & Morabia, 1999). La transcription de l'arabe demande au D un mouvement de flexion du bras vers le tronc. Or, les scripteurs ont tendance à tracer des lignes par des mouvements extenseurs partant du corps, considérés plus rapides, plus précis, et moins fatigants que des mouvements fléchisseurs vers l'intérieur (Bartlett, 1957).

VIII.2.5 Pourquoi s'attendre à des interférences entre la latéralité manuelle et les deux systèmes graphiques arabe et latin ?

Les études, qui s'intéressent à la direction des SG, au bigraphisme et à la dominance manuelle, examinent séparément ces variables, sans les considérer ensemble, à l'exception de l'étude ancienne menée par Shimrat (1973). Cette étude a été menée auprès de trois groupes d'enfants D et G âgés entre 8 et 9 ans : un groupe d'enfants israéliens ayant été exposé à une écriture de droite à gauche (l'hébreu, N=90), un groupe d'enfants américains ayant été exposé à une écriture de gauche à droite (l'anglais, N=90) et un groupe d'enfants américo-israéliens ayant été exposé aux deux écritures. Tous les participants avaient copié des formes adaptées du « *coding subtest* » du WISC [1]. Cette étude a montré une interaction entre la dominance latérale et la direction d'écriture au niveau de la vitesse et de la précision de la production graphique. Les D étaient plus rapides à produire les formes de gauche à droite, alors que les G avaient une vitesse similaire dans les deux directions d'écriture. En ce qui concerne la précision, plus d'erreurs ont été commises par les D quand ils ont produit les formes de droite à gauche et chez les G quand ils ont produit les formes de gauche à droite. De plus, cette étude a montré que la production graphique des enfants qui ont été exposés à une seule direction d'écriture était plus consistante et stable que celle des enfants qui étaient exposés à deux systèmes d'écriture. La variabilité dans la production graphique qui a été notée chez ce dernier groupe a été expliquée par la présence d'interférence entre les deux SG. Toutefois, bien que cette étude prenne en compte l'interaction entre la dominance manuelle et la

direction générale de l'écriture, ces résultats ne nous donnent pas d'indications quant à la vitesse et la précision de l'écriture chez les groupes bi et monographe.

La revue de la littérature traitant de l'écriture, du bigraphisme et de la latéralité ne fournit aucune réponse à notre questionnement. Le scripteur libanais bigraphe D ou G se voit obligé de concilier l'écriture latine cursive et l'écriture arabe semi-cursive, l'une calligraphiée de gauche à droite et l'autre de droite à gauche. De ce fait, l'étude de l'interférence entre la dominance manuelle et les directions des SG sur l'écriture de l'arabe et du français dans le contexte du bigraphisme semble être pertinente.

Problématisation

L'étude entreprise vise à mettre en évidence deux grands phénomènes. Le premier étant que l'écriture latine serait plus accessible au scripteur D bigraphe et inversement, l'écriture arabe serait plus accessible au scripteur G bigraphe. Compte tenu des théories et études développées dans le cadre conceptuel (entre orientations préférentielles, nature des SG, mouvements et contraintes des G et D face à l'écriture etc..), nous tâcherons d'investiguer cela à travers l'ensemble des variables spatiales, temporelles, cinématiques et posturales (les angles de tenue de l'outil scripteur) mises à notre disponibilité.

De cette question principale découle deux questions opérationnelles :

Question 4a : Etude de la latéralité manuelle en français : l'écriture latine favorise-t-elle les droitiers ?

Question 4a' : les Français D écrivent-ils mieux que les Français gauchers ? Pour répondre à cette question, une comparaison sera faite entre les monographe français D et G.

Question 4a'' : les Libanais D écrivent-ils mieux que les Libanais G ? Pour répondre à cette question, une comparaison sera faite chez les bigraphes quand ils écrivent en français.

Question 4b : Etude de la latéralité manuelle en arabe : l'écriture arabe favorise-t-elle les gauchers ?

Les Libanais G écrivent-ils mieux que les Libanais droitiers ? Pour répondre à cette question, une comparaison sera faite entre les bigraphes D et G quand ils écrivent en arabe.

Avant d'aborder ces questions opérationnelles, voici dans un premier temps les résultats obtenus par les Français et Libanais G suite à l'administration du questionnaire sur les habitudes d'écriture (voir [Annexe C](#)) dans le systèmes latin et arabe et suite à la passation des tests d'écriture dans les deux SG, le BHK et le STAKIA.

Habitudes d'écriture

Dans cette partie, nous présenterons les données des analyses statistiques relatives à « la fréquence d'écriture- jour/ semaine » et au « nombre de pages écrites » obtenues suite à l'administration du questionnaire « les Habitudes d'écriture de l'arabe et/ ou du français » auprès des scripteurs G Français (N = 21) et Libanais (N = 14), ces derniers écrivent l'arabe et le français. Une ANOVA à un facteur a été effectuée afin de comparer les moyennes de ces trois groupes. Nous exposerons également le pourcentage de motivation pour écrire dans un SG particulier chez les scripteurs G libanais.

Fréquence d'écriture (jour/semaine) : Il existe un effet de groupe sur la fréquence d'écriture des participants ; [$F_{(2,46)} = 7.691, p < 0.05$]. Les analyses post-hoc montrent que l'effet du groupe est particulièrement dû aux différences significatives qui existent entre les Libanais G en ce qui concerne la fréquence d'inscription de chacun des SG par semaine. Les Libanais G ont une fréquence d'inscription (jours/semaine) du français qui est supérieure à celle de l'arabe, avec des moyennes respectives de 5.27 (écart-type = 1.42) et 3.54 (écart-type = 1.92) ; ($p = 0.016$). Il n'existe pas une différence entre les G Libanais et Français concernant le nombre de jours/semaine où ils inscrivent en français, avec des moyennes respectives de 5.27 (écart-type de 1.42) et de 4.75 (écart-type de 0.6).

Nombre de pages (format A4) : Il existe un effet tendanciel de groupe sur le nombre de pages écrites par les participants G; [$F_{(2,46)} = 2.860, p = 0.06$]. Les analyses post-hocs montrent qu'il existe un effet tendanciel entre les Libanais G quand ils écrivent l'arabe et le français : Les Libanais G remplissent moins de feuilles A4 par jour en arabe par rapport au français avec des moyennes respectives de 2.29 (écart-type de 2.39) et 5.32 (écart-type de 2) ; ($p = 0.056$). Il n'existe aucune différence significative entre les Libanais et les Français concernant le nombre de feuille A4 écrit en français, avec des moyennes respectives de 5.32 (écart-type de 2) et de 3.75 (écart-type de 2.36). Les résultats sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 19: Habitudes d'écriture des scripteurs

	Français (N = 21)	Libanais- mots français (N = 14)	Libanais- mots arabes (N = 14)
Fréquence d'écriture (jours/semaine)	4.75 (E.T : 0.6)	5.27 (E.T : 1.42)	3.54 (E.T : 1.92)
Valeur du p	0.016		
	0.667		
	Français (N = 21)	Libanais- mots français (N = 14)	Libanais- mots arabes (N = 14)
Nombre de pages A4/jour	3.75 (E.T : 2.36)	5.32 (E.T : 2)	2.29 (E.T : 2.39)
Valeur du p	0.056		
	0.2		

Motivation pour écrire dans un SG particulier : Nous avons également demandé à nos participants Libanais G de nous indiquer dans quel SG ils sont le plus motivés pour écrire. 45.5% des Libanais G sont motivés pour écrire en Français, 45.5% de cette population préfèrent écrire en arabe et 9% ne manifestent aucune préférence entre les deux SG.

Les données des comparaisons effectuées sur la fréquence d'inscription (nombre de lettres par minute) aux tests d'écriture (BHK/ STAKIA) seront de même exposées dans ce qui suit.

Fréquence d'inscription aux tests d'écriture (BHK/ STAKIA) :

L'Independent Samples T Test effectué sur la fréquence d'inscription (nombre de caractères (car.) en 5 minutes) au test d'écriture BHK a révélé une absence d'effet du groupe entre les G Libanais et Français, avec des moyennes respectives de 528 caractères (écart-type de 100.09) et de 556 528 caractères (écart-type de 62.98) ; [$t_{(33)} = 1.235$, *ns*]. Le Paired Sample T Test montre qu'il existe une différence significative chez les Libanais entre la fréquence d'inscription au BHK et au STAKIA [$t_{(13)} = 4.228$, $p < 0.05$]. Les Libanais G ont une fréquence d'inscription au BHK qui est supérieure à celle du STAKIA avec des moyennes respectives de 528 caractères (écart-type de 100.09) et de 455 caractères (écart-type de 64.01).

Nous présenterons la fréquence d'inscription aux tests d'écriture en fonction de la population dans le tableau 20.

Tableau 20: Fréquence d'inscription aux tests d'écriture en fonction de la population

	Fréquence d'inscription BHK	Fréquence d'inscription STAKIA	Valeur du <i>p</i>
Français (N = 21)	556 (E.T : 62.98)		
Libanais (N = 14)	528 (E.T : 100.09)	455 (E.T : 64.01)	0.001
Valeur du <i>p</i>	0.226		

VIII.3 Question 4a. Etude de la latéralité manuelle en français

VIII.3.1 Question 4a' : Les Français droitiers écrivent-ils mieux que les Français gauchers ?

Participants

Dans cette question, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots français entre des scripteurs Français D (N = 39) et G (N = 11), qui ont une posture d'écriture

droite (voir figure 44). Nous rappelons que l'Analyse de Variance à mesures répétées a été utilisée afin d'effectuer ces comparaisons.

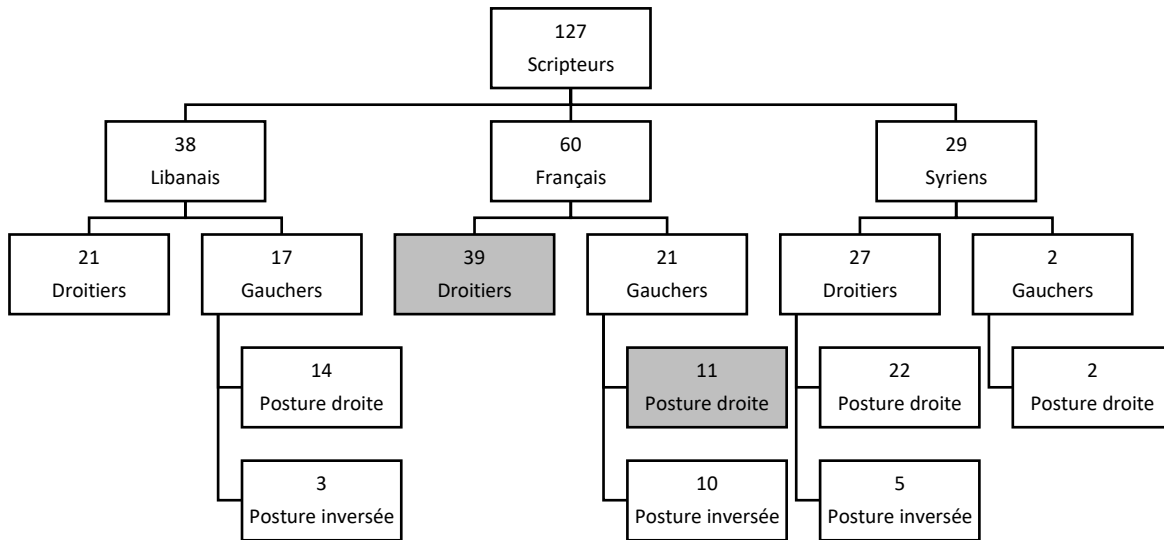


Figure 44: Présentation de la population de la question 4a'

Comparaison des mots français chez les monographes droitiers et gauchers

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Largeur. Les Français D et G ont une largeur de traits qui est identique ; [$F_{(1,48)} = 0.140, ns$]. Elle est de 18 mm pour les Français D (écart-type de 3.1 mm) et de 17.6 mm pour les Français G (écart-type de 3.2 mm).

Hauteur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Hauteur. Les Français D écrivent un peu plus grand en hauteur que les Français G (soit + 0.745 mm, ce qui équivaut à 10.64%) avec une moyenne de 7 mm (écart-type de 1.4 mm) contre une moyenne de 6.3 mm pour les Français G (écart-type de 1 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,48)} = 2.633, ns$].

Longueur des traits : Il n'existe pas un effet de groupe sur la variable Longueur des traits. Les Français D ont une longueur des traits qui est légèrement supérieure à celle des Français G (soit + 3.29 mm, ce qui équivaut à 5.3%) avec une moyenne de 62 mm pour les Français D (écart-type de 13.8 mm) et une moyenne de 58.7 mm pour les Français G (écart-type de 9.6 mm). Cette différence est non significative ; [$F_{(1,48)} = 0.554, ns$].

En résumé, les Français G n'écrivent pas à une taille différente des Français D.

Les variables temporelles

Durée totale : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Français D ont une durée totale qui est inférieure à celle des Français G (soit - 336 ms, ce qui équivaut à 10%) avec une moyenne de 3216 ms pour les Français D (écart-type de 585 ms) et une moyenne de 3553 ms pour les Français G (écart-type de 679 ms). Cette différence est non significative mais plutôt tendancielle ($p = 0.063$) ; [$F_{(1,48)} = 3.620$, *ns*].

Durée des traits : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Français D durent un peu moins que les Français G dans les traits (soit -197 ms, ce qui équivaut à 7.7%), avec une moyenne de 2365 ms pour les Français D (écart-type de 430 ms) contre une moyenne de 2563 ms pour les Français G (écart-type de 347). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,48)} = 2.486$, *ns*].

Durée des levers : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Français D durent moins dans les levers que les Français G (soit - 137 ms, ce qui équivaut à 13.82 %), avec une moyenne de 853 ms pour les Français D (écart-type de 295 ms) contre une moyenne de 989 ms pour les Français G (écart-type de 409 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,48)} = 1.544$, *ns*].

En résumé, aucune des durées n'est différente entre les Français D et les Français G à posture droite.

Les variables cinématiques

Vitesse de tracé : Il existe un effet du groupe sur la variable Vitesse de tracé. La vitesse de tracé des Français D est supérieure par rapport à celle des Français G (soit +4.1 mm/sec, ce qui équivaut à 14.78%) avec une moyenne de 27.7 mm/sec pour les Français D (écart-type de 6.1 mm/sec) et une moyenne de 23.6 mm/sec (écart-type de 4.3 mm/sec) ; [$F_{(1,48)} = 4.305$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.082$] (voir figure 45).

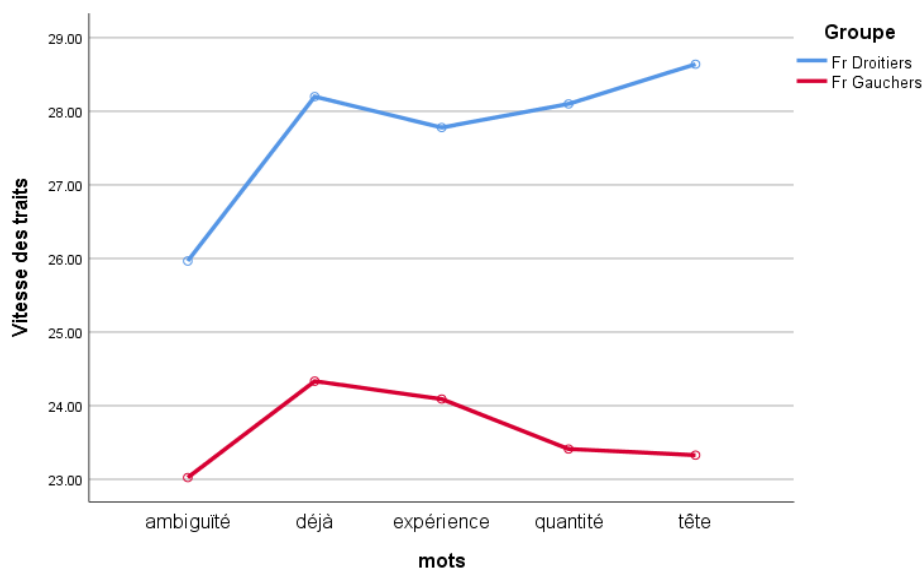


Figure 45: Vitesse moyenne de tracé pour les 5 mots chez les Français droitiers et gauchers.

Fluidité (SNvdp) : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Fluidité. Les Français D ont un SNvdp de 6.9 (avec un écart-type de 1.7) et les Français G ont une moyenne de 7.2 (écart-type de 1.8) ; [$F_{(1,48)} = 0.214, ns$].

En résumé, la fluidité des tracés ne diffère pas entre les Français D et les Français G, mais la vitesse est significativement différente entre les deux groupes.

Le nombre de levers

Il n'existe pas un effet de groupe sur la variable Nombre de levers : Les Français D et les Français G font en moyenne le même nombre de levers avec une moyenne de 6.4 (écart-type de 1.3) pour les Français D et une moyenne de 6 pour les Français G (écart-type de 1.7) ; [$F_{(1,48)} = 0.667, ns$].

Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français chez les Français droitiers et gauchers

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Français D et G est résumé dans le tableau 21.

Tableau 21 : Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Français droitiers et gauchers

Variables		Français droitiers (N = 39)		Français gauchers (N = 21)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	18	3.1	17.6	3.2	0.140	0.710
	Hauteur du tracé	7	1.4	6.3	1	2.63	0.111
	Longueur Traits (mm)	62	13.8	58.7	9.6	0.554	0.460
Aspects temporels	Durée totale m(s)	3216	585	3553	679	3.620	0.063
	Durée des traits (ms)	2365	430	2563	346	2.486	0.122
	Durée des levers (ms)	853	295	989	409	1.544	0.220
Aspects cinématiques	Vitesse des traits (mm/sec)	27.7	6.1	23.6	4.3	4.305	0.043
	SNvpd	6.9	1.7	7.2	1.8	0.214	0.645
Nombre de levers		6.4	1.3	6	1.7	0.667	0.418

La comparaison de l'écriture de mots français entre le groupe Français D (N = 39) et le groupe Français G (N = 11) (qui ont une posture droite) nous permet de retenir une seule différence entre les deux groupes : Les Français D sont plus rapides que les Français G, ce qui signe un faible avantage pour les D pour l'écriture du français.

En somme, les G français n'écrivent pas différemment des D français. Ces résultats viennent confirmer ceux de Meulenbroek (1989), de Meulenbroek *et coll.* (1989), de Ziviani & Watson-Will (1998). Nous rappelons que ces études ont montré respectivement une absence de différence entre les D et G qui écrivent le SG latin au niveau des aspects spatiaux, dynamiques et temporels. De même, la qualité de l'écriture et la fréquence d'inscription étaient similaires chez les enfants français D et G dans d'étalonnage de la version française du BHK (Charles *et coll.*, 2003).

L'avantage noté chez les D par rapport aux G au niveau de la vitesse de tracé a été de même retrouvé par Steenhuis & Bryden (1989) et Phelps *et coll.* (1985). Le système graphique latin semble favoriser les D uniquement quant à la vitesse d'écriture.

VIII.3.2 Question 4a'' : Les Libanais droitiers écrivent-ils mieux que les Libanais gauchers ?

Problématisation

Nous venons de voir que l'écriture latine (dextroverse) ne semble pas pénaliser les G français. Mais les G libanais ne sont pas totalement comparables aux G français car ils savent aussi écrire en arabe (sinistroverse). Or, comme nous l'avons dit, écrire de droite à gauche correspond à leurs préférences motrices, à la dynamique spontanée du système effecteur, ceci tant au niveau de la direction de la progression droite-gauche qu'au niveau du sens de rotation des boucles. Donc, en écrivant en arabe, ils ont peut-être renforcé ces préférences, en stabilisant encore plus les patrons préférentiels intrinsèques et en renforçant encore davantage un attracteur préexistant. Cela pourrait en retour les mettre en difficulté pour écrire en français de gauche à droite.

Dans la tâche plus contraignante d'écrire le système graphique latin pour un gaucher, il se peut que les mouvements requis pour écrire soient « attirés » par cet attracteur naturel. Les coordinations acquises pour écrire de gauche à droite, étant moins stables et peu précises, vont dévier vers les patrons de coordination les plus proches (Schöner & Kelso, 1988b) et ainsi se traduire par des interférences chez les Libanais G lors de l'écriture du français.

Participants

Dans cette question, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots français entre des scripteurs Libanais D (N = 21) et G (N = 14), qui ont une posture d'écriture droite (voir figure 46).

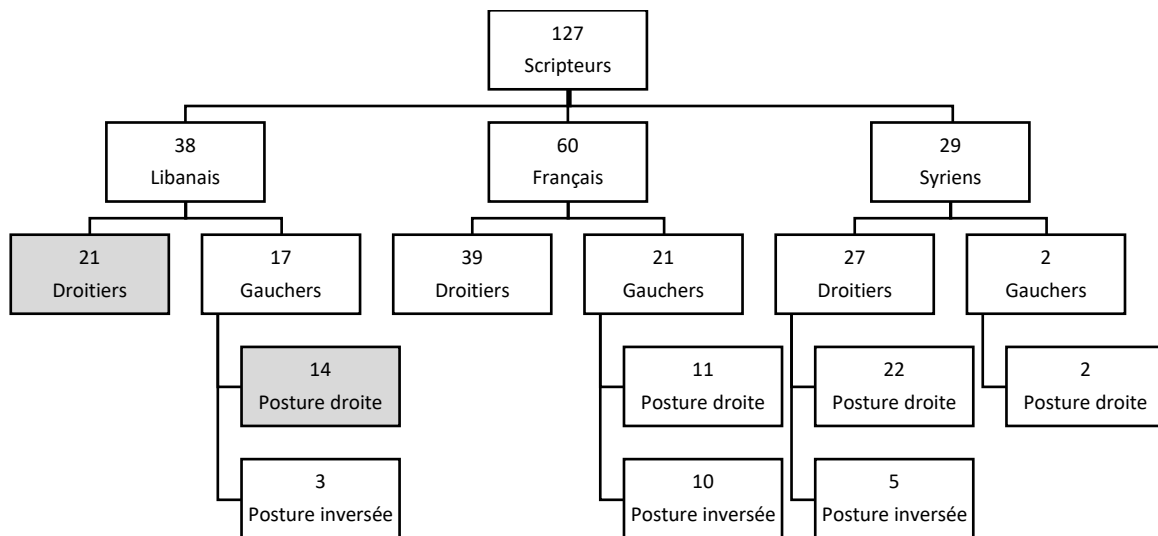


Figure 46: Présentation de la population de la question 4a''

Comparaison de l'écriture des mots français chez les adultes Libanais droitiers et gauchers à posture droite

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : Il existe un effet de groupe sur la variable Largeur : Les Libanais G écrivent plus grand en largeur (soit + 3.1 mm ce qui équivaut à un pourcentage de +13%) (voir figure 47) avec une moyenne de 23.3 mm (écart-type de 6.2 mm) contre une moyenne de 20.2 mm pour les Libanais D (écart-type de 2.8 mm) ; [$F_{(1,33)} = 4.395, p < 0.05, \eta^2 = 0.118$]. Cela n'est significatif que si les mots sont assez longs. En effet, il y a une interaction Groupe**Mot* significative ; [$F_{(4,132)} = 3.286, p < 0.02, \eta^2 = 0.090$]. Les tests post-hoc montrent que la différence entre Libanais D et G est significative pour « quantité » ($p = 0.024$), « ambiguïté » ($p = 0.048$) et « expérience » ($p = 0.037$). La différence est tendancielle pour le mot « déjà » ($p = 0.055$) (voir figure 48).

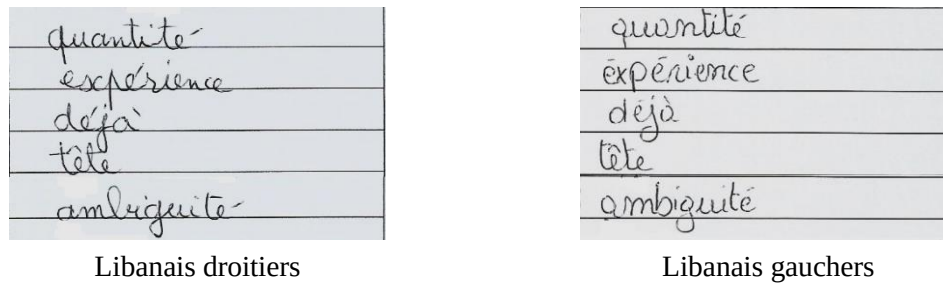


Figure 47: Illustration des mots français écrits par des Libanais gauchers et droitiers

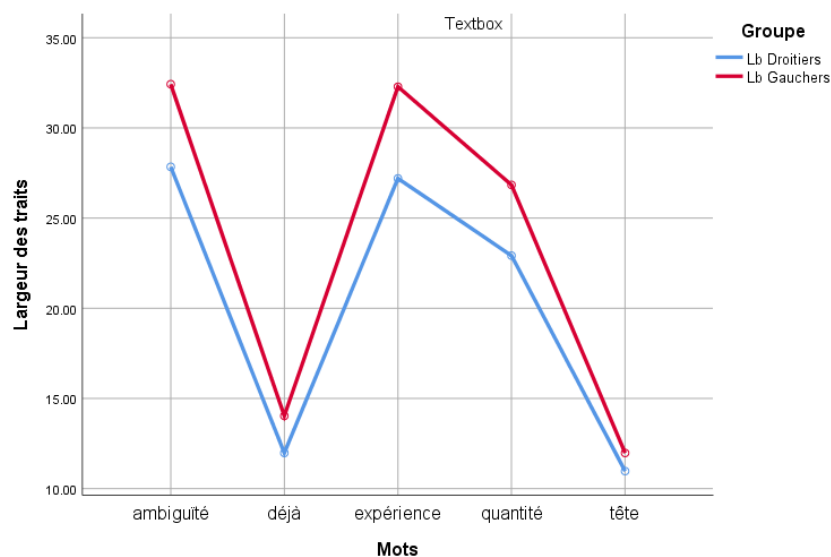


Figure 48: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes de Libanais (droitiers et gauchers).

Hauteur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Hauteur. Les Libanais D et G ont une moyenne de traits qui est presque identique ; [$F_{(1,33)} = 0.236$, *ns*]. Elle est de 7 mm pour le groupe des Libanais D (écart-type de 1.1 mm) et de 7.2 mm pour le groupe des Libanais G (écart-type de 1.5 mm).

Longueur des traits : Il n'existe pas un effet de groupe sur la variable Longueur des traits. Les Libanais G ont une longueur des traits qui est supérieure à celle des Libanais D (soit + 4.6 mm, ce qui équivaut à 6.7%) avec une moyenne de 68.5 mm pour les Libanais G (écart-type de 9.8 mm) et une moyenne de 63.9 mm pour les Libanais D (écart-type de 8.6 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,33)} = 2.429$, *ns*].

En résumé, les Libanais G écrivent encore plus grand sur la largeur que les Libanais D. La différence au niveau de la longueur totale est tendancielle. Il n'y a aucune différence sur les levers.

Les variables temporelles

Durée totale : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Libanais G ont une durée totale des traits qui est supérieure à celle des Libanais D (soit +305 ms, ce qui équivaut à 8.5%) avec une moyenne de 3590 ms pour les Libanais G (écart-type de 1040 ms) et une moyenne de 3285 ms pour les Libanais D (écart-type de 551 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,33)} = 1.30$, *ns*].

Durée des traits : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Libanais G durent un peu plus que les Libanais D dans les traits (soit + 195 ms, ce qui équivaut à + 7%), avec une moyenne de 2735 ms pour les Libanais G (écart-type de 812 ms) et une moyenne de 2540 ms pour les Libanais D (écart-type de 429 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,33)} = 0.923$, *ns*].

Durée des levers : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Libanais G durent plus dans les levers que les Libanais D (soit + 106 ms, ce qui équivaut à 12.5 %), avec une moyenne de 851 ms pour les Libanais G (écart-type de 314 ms) et une moyenne de 745 ms pour les Libanais D (écart-type de 232 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,33)} = 1.294$, *ns*].

Aucune des durées n'est différente entre les Libanais D et les Libanais G.

Les variables cinématiques

Vitesse de tracé : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Vitesse de tracé. La vitesse de tracé des Libanais G est légèrement supérieure à celle des Libanais D (soit +2.85, ce qui équivaut à 2.84%) avec une moyenne de 28.1 mm/sec pour le groupe des Libanais G (écart-type de 6.9 mm/sec) et une moyenne de 27.3 mm/sec pour les Libanais D (écart-type de 4.1 mm/sec). Cette différence n'étant pas significative [$F_{(1,33)} = 0.2$, *ns*].

Fluidité (SNvdp) : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Fluidité. Le SNvdp est similaire entre les Libanais D et G avec des moyennes respectives de 7.1 (écart-type de 1.7) et de 7.2 (écart-type de 2.7) ; [$F_{(1,33)} = 0.0007$, *ns*].

La vitesse et la fluidité des tracés des Libanais D et des Libanais G ne diffèrent pas.

Le nombre de levers

Il n'existe pas un effet de groupe sur la variable Nombre de levers : Les Libanais G ont une moyenne de levers de 6.1 (écart-type de 1.5). Les Libanais D ont une moyenne de levers de 5.4 (écart-type de 1) ; [$F_{(1,33)} = 0.0007$, *ns*].

Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français : Groupe Libanais droitiers Vs Groupe Libanais gauchers

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Libanais D et G est résumé dans le tableau 22.

Tableau 22: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français

Variables		Libanais droitiers (N = 21)		Libanais gauchers (N = 14)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	20.2	2.8	23.3	6.2	4.39	0.04
	Hauteur du tracé	7	1.1	7.2	1.5	0.236	0.63
	Longueur Traits (mm)	63.9	8.6	68.5	9.8	2.429	0.139
Aspects temporels	Durée totale m(s)	3285	551	3590	1040	1.298	0.26
	Durée des traits (ms)	2540	429	2735	812	0.923	0.34
	Durée des levers (ms)	745	232	851	314	1.294	0.26
Aspects cinémat	Vitesse des traits (mm/sec)	27.3	4.1	28.1	6.9	0.1996	0.65
	SNvpd	7.1	1.7	7.2	2.7	0.0007	0.979
Nombre de levers		5.4	1	6.1	1.5	2.342	0.136

En résumé, la comparaison de l'écriture de mots français entre le groupe des Libanais D (N = 21) et le groupe des Libanais G (N = 14) nous permet de conclure qu'il y a très peu de différence au niveau de l'écriture des mots français entre les Libanais D et les G : sur le plan spatial, les Libanais G écrivent en étalant les traits encore davantage dans la dimension horizontale relativement aux Libanais D.

En ce qui concerne les autres variables, on n'observe aucune différence et, en particulier, on ne retrouve pas chez les G libanais la lenteur observée chez les G français relativement aux D français.

On peut donc conclure de ces deux comparaisons que le fait d'être G quand on écrit dans le SG latin n'affecte réellement ni le mouvement graphique, ni la trace écrite. Cela semble être vrai également chez les scripteurs qui maîtrisent l'écriture arabe sinistroverse. Il faut cependant tenter de comprendre pourquoi ces derniers étalent leur écriture horizontalement, davantage que les D. Nous reviendrons sur cette constatation ultérieurement, après avoir vérifié si ces mêmes scripteurs G et D libanais écrivent de façon identique aussi en arabe.

VIII.4 Question 4b. Etude de la latéralité manuelle en arabe

Les Libanais gauchers écrivent-ils mieux que les Libanais droitiers en arabe ?

Problématisation

Le SG arabe favoriserait l'écriture de la main gauche. Nous rappelons que les lettres qui forment l'écriture arabe se font dans le sens horaire, et d'après les études de Meulenbroek (1989) et de van Sommers (1984), les G effectueraient plus aisément des bouclages dans le sens horaire, ceci laisse deviner que les G auraient effectivement plus de facilité à écrire l'arabe que les D. En outre, le scripteur G a plus de facilité à déplacer son membre effecteur de la droite vers la gauche, direction qui dégage le bras vers l'extérieur et élimine d'éventuels obstacles comme le blocage du tronc ou la diminution du contrôle visuel par la main qui écrit. Il s'agit dans ce cas du phénomène de coopération (Albaret, Zanone & Castelnau, 2000) vu que l'écriture du SG arabe coïncide avec un patron que le système effecteur (main gauche) sait faire d'une façon spontanée et intrinsèque. Nous faisons l'hypothèse que les aspects spatiaux, temporels et cinématiques seraient meilleurs chez les Libanais G que chez ceux D.

Afin de vérifier ceci, nous effectuerons des comparaisons de l'écriture des mots arabes chez les adultes Libanais D et G.

Participants

Dans cette partie, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots arabes entre des sujets Libanais D (N = 21) et des sujets Libanais G (N = 14). Les Libanais G ont une posture d'écriture droite (voir figure 49).

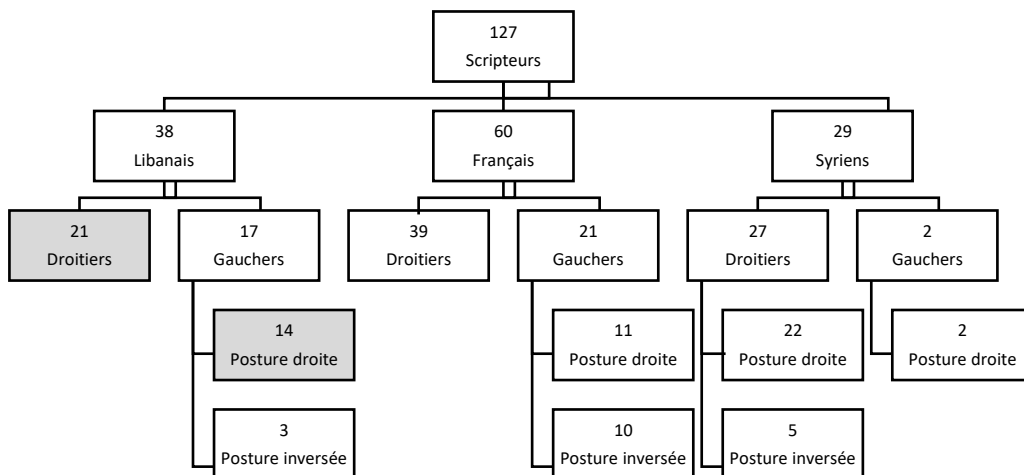


Figure 49: Présentation de la population de la question 4b

Comparaison de l'écriture des mots arabes chez les Libanais droitiers et gauchers à posture droite

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Largeur. Les Libanais G écrivent un peu plus grand en largeur (soit 1.4 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de 6.7%) avec une moyenne de 20.8 mm pour les Libanais G (écart-type de 2.5 mm) et une moyenne de 19.4 mm pour les Libanais D (écart-type de 3 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,32)} = 1.458$, ns].

Hauteur des tracés : Il existe un effet de groupe sur la variable Hauteur : Les Libanais G ont une écriture plus haute (verticalement) que les Libanais D (soit + 0.7 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de +10 %) avec des moyennes respectives de 6.9 mm (écart-type de 0.8 mm) et de 6.2 mm (écart-type de 0.8 mm); [$F_{(1,32)} = 6.234$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.163$] (voir figure 50).

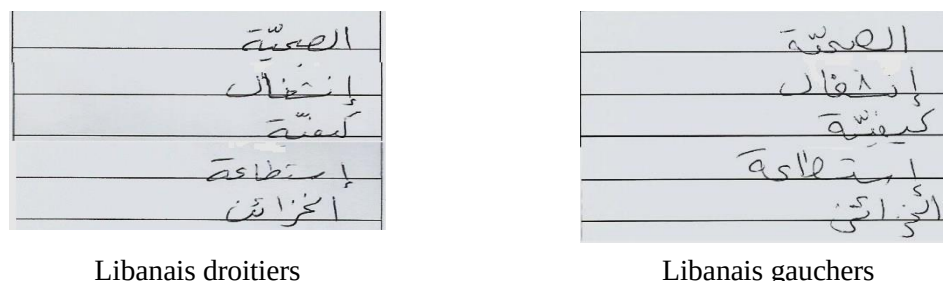


Figure 50: Illustration des mots arabes écrits par des Libanais droitiers et gauchers

Longueur des tracés : Il existe un effet de groupe sur la variable Longueur des traits. Les Libanais G ont une longueur des traits qui est significativement supérieure à celle des Libanais D (soit + 5.8 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de 11.5%) avec une moyenne de 50.2 mm (écart-type de 6.1 mm) contre une moyenne de 44.4 mm pour les Libanais D (écart-type de 6.6 mm) ; [$F_{(1,32)} = 6.136$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.161$].

Pour résumer, les Libanais G écrivent plus grand que les Libanais D lors de l'écriture de mots arabes. Cet allongement se manifeste surtout sur la hauteur des tracés, dans la dimension verticale.

Les variables temporelles

Durée totale : Il existe un effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Libanais G ont une durée totale qui est supérieure à celle des Libanais D (soit +297 ms, ce qui équivaut à 8.9%) avec des moyennes respectives de 3328 ms (écart-type de 689 ms) et de 3031 ms (écart-type de 510 ms) ; [$F_{(1,32)} = 4.318$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.118$].

Durée des traits : Il existe un effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Libanais G prennent plus de temps pour tracer les traits que les Libanais D (soit + 207 ms, ce qui équivaut à 9.7%), avec une moyenne de 2138 ms pour les Libanais G (écart-type de 448 ms) contre une moyenne de 1931 ms pour les Libanais D (écart-type de 213 ms) ; $[F_{(1,32)} = 4.847, p < 0.05, \eta^2 = 0.132]$. Comme il y a une interaction Groupe*Mot $[F_{(4,128)} = 3.770, p < 0.01, \eta^2 = 0.105]$, cela est surtout vrai pour certains mots : « *إنشغال* /ʔinʃiʔa:l/ » ($p = 0.06$) et « *الصحيّة* /ʔassuħijja/ » ($p = 0.002$) (voir figure 51).

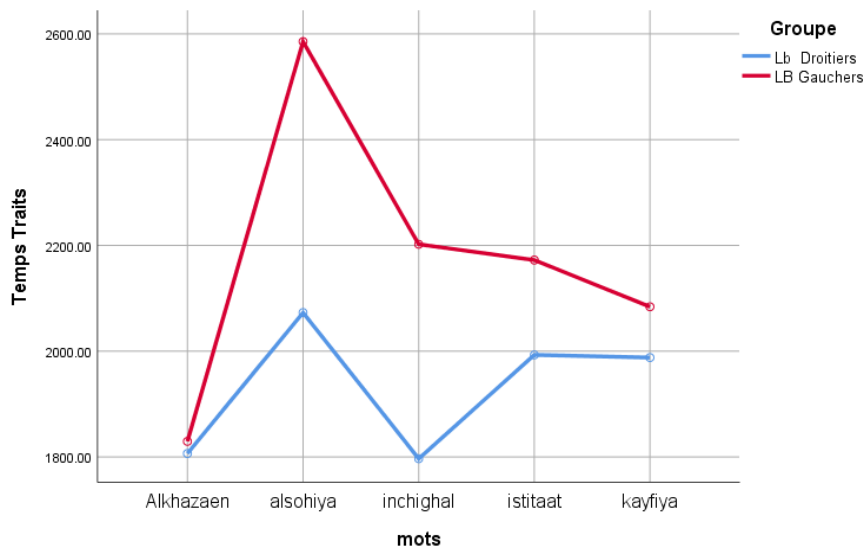


Figure 51: Durée moyenne des traits pour chacun des mots arabes et pour les deux groupes de Libanais.

Durée des levers : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Libanais G durent un peu plus que les Libanais D dans les levers (soit +87 ms, ce qui équivaut à 7.3%), avec une moyenne de 1190 pour les Libanais G (écart-type de 359 ms) et une moyenne de 1103 ms pour les Libanais D (écart-type de 350 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; $[F_{(1,32)} = 1.241, ns]$.

Globalement, les Libanais G prennent plus de temps pour écrire les mots. Les différences temporelles portent sur les parties tracées.

Les variables cinématiques

Vitesse de tracé : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Vitesse de tracé. La vitesse de tracé des Libanais G est légèrement supérieure à celle des Libanais D (+ 0.66 mm/sec, ce qui équivaut à 2.5%) avec des moyennes respectives de 26.5 mm/sec (écart-type de 4.8 mm/sec) et de 25.8 mm/sec (écart-type de 3.8 mm/sec) ; $[F_{(1,32)} = 0.000, ns]$.

Fluidité : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Fluidité. Le SNvpd des Libanais G est légèrement supérieur à celui des Libanais D (+0.48, ce qui équivaut à 10.8%) avec une moyenne

de 4.5 pour les Libanais G (écart-type de 1.1) et une moyenne de 4 pour les Libanais D (écart-type de 1). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,32)} = 1.399$, *ns*].

Globalement, aucune différence n'est notée au niveau des variables cinématiques entre les Libanais D et G.

Le nombre de levers

Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Nombre de levers : Le nombre de levers chez les Libanais G et D est identique avec des moyennes respectives de 6.6 (écart-type de 0.8) et de 6.4 (écart-type de 0.6) ; [$F_{(1,32)} = 2.075$, *ns*].

Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots arabes : Groupe Libanais droitiers Vs Groupe Libanais gauchers

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots arabes chez les Libanais D et G est résumé dans le tableau 23.

Tableau 23: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots arabes chez les Libanais droitiers et gauchers

Variables		Libanais droitiers (N = 21)		Libanais gauchers (N = 14)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	19.4	3	20.8	2.5	1.458	0.236
	Hauteur du tracé	6.2	0.8	6.9	0.8	6.234	0.018
	Longueur Traits (mm)	44.4	6.6	50.2	6.1	6.136	0.019
Aspects temporels	Durée totale m(s)	3031	510	3328	689	4.318	0.045
	Durée des traits (ms)	1931	213	2138	448	4847	0.035
	Durée des levers (ms)	1103	350	1190	359	1.241	0.273
Aspects cinématiques	Vitesse des traits (mm/sec)	25.8	3.8	26.5	4.8	0.000	0.998
	SNvpd	4	1	4.5	1.1	1.399	0.246
Nombre de levers		6.4	0.6	6.6	0.8	2.072	0.160

En résumé, la comparaison de l'écriture de mots arabes entre le groupe des Libanais D (N = 21) et des Libanais G (N = 14) nous permet de conclure que les G Libanais ne sont pas avantagés lorsqu'ils écrivent l'arabe. Au contraire, sur le plan spatial, ils écrivent plus grand. L'augmentation de taille ne porte pas sur les levers, mais uniquement sur les parties tracées et dans le sens de la hauteur : la largeur n'est pas modifiée. Sur le plan temporel, ils perdent du temps dans les parties tracées. Sur le plan cinématique, aucune différence n'est notée avec les D au niveau de la vitesse et de la fluidité.

Discussion intermédiaire

De façon inattendue, les G libanais sont pénalisés quand ils écrivent en arabe alors que nous pensions que cette direction d'écriture leur serait favorable. Deux explications, non mutuellement exclusives, peuvent être avancées. La première est que, contrairement à nos hypothèses théoriques, écrire de droite à gauche n'est pas plus facile pour un G, au contraire. La seconde postule que ce désavantage des G libanais est dû à leur bigraphisme donc à leur maîtrise du français. Rappelons

que les G libanais qui ont participé à cette étude écrivent plus fréquemment en français qu'en arabe. Il y a donc un déséquilibre de pratique d'écriture qui a pu pénaliser leur écriture arabe.

Une façon de valider la première explication serait de tester des G monographes syriens qui ne pratiquent donc que l'arabe. Cette comparaison, qui serait l'équivalent pour l'arabe de celle qui a été faite en français avec les D et G français, permettrait de conclure quant à un éventuel avantage ou désavantage à écrire de droite à gauche quand on est G. Malheureusement, nous ne disposons pas de G syriens et nous manquons de données publiées sur lesquelles nous appuyer. S'il s'avérait que les G syriens écrivent aussi bien, voire mieux, que les D syriens, alors le fait que les Libanais G soient affectés dans leur écriture de l'arabe devrait être mis sur le compte du bigraphisme. Les Libanais G auraient ainsi un fort accent français qui les pénaliserait en arabe par rapport à des G monographes. Nous ne pouvons pas faire cette vérification, mais si le bigraphisme affecte les G pour l'arabe, on peut penser qu'il pourrait en être de même pour le français. Cela peut être vérifié en comparant les G libanais et les G français dans l'écriture du français pour voir si l'accent arabe des G libanais est plus marqué que celui des D libanais.

IX. Question 5 : Accent graphique chez les gauchers

Après avoir observé que les Libanais D ont un accent arabe en français qui les conduit à écrire plus grand horizontalement que les Français D (question 1), et après avoir constaté que les Libanais G écrivent encore plus grand dans cette dimension que les Libanais D (question 4a''), nous pouvons en déduire que l'accent arabe des Libanais G devrait être plus marqué encore que celui des D. Si tel est le cas, nous pourrions en conclure que latéralité manuelle et sens d'écriture interagissent. Nous avons donc regardé si l'accent arabe des Libanais G qui écrivent en français a les mêmes caractéristiques que celui que nous avons observé chez les Libanais D ou s'il est plus marqué.

Participants

Dans cette question, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots français entre des scripteurs G Libanais (N = 14) et Français (N = 11). Les deux groupes de G ont une posture droite d'écriture (voir figure 52). Nous rappelons que l'Analyse de Variance à mesures répétées a été utilisée afin d'effectuer ces comparaisons.

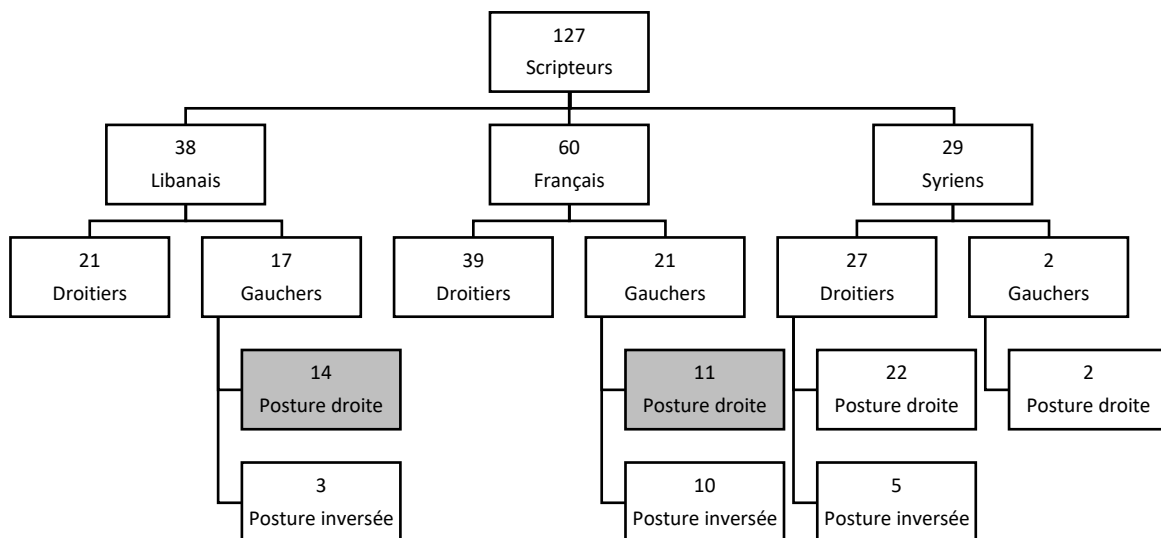


Figure 52: Présentation de la population de la question 5

IX.1 Comparaison de l'écriture des mots français chez les gauchers Français et Libanais à posture droite

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : Il existe un effet de groupe sur la variable Largeur : Les Libanais G écrivent plus grand en largeur que les Français G (soit + 5.9 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de 25%) avec une moyenne de 23.5 mm pour les Libanais G (écart-type de 6.2 mm) contre une moyenne de 17.6 mm pour les Français G (écart-type de 3.2 mm) ; [$F_{(1,22)} = 6.753, p < 0.05, \eta^2 = 0.235$]. Cela est surtout significatif pour les mots longs. En effet, il y a une interaction Groupe*Mot significative ; [$F_{(4,88)} = 5.330, p < 0.001, \eta^2 = 0.195$]. Les tests post-hoc montrent que la différence entre les Libanais G et les Français G est significative pour « quantité » ($p = 0.013$), « ambiguïté » ($p = 0.014$), « déjà » ($p = 0.037$) et « expérience » ($p = 0.018$). La différence est tendancielle pour le mot « tête » ($p = 0.084$) (voir figure 53).

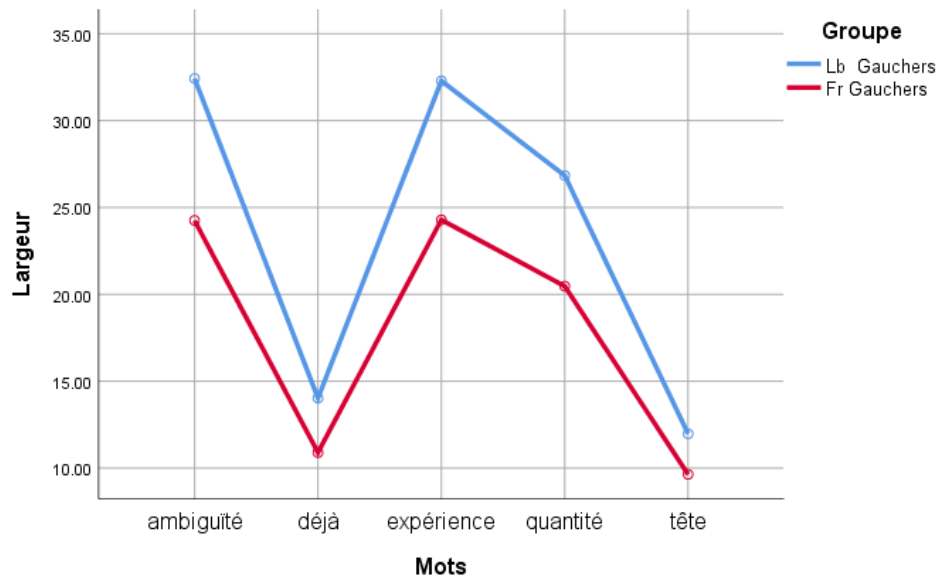


Figure 53: Largeur moyenne des tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes.

Hauteur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Hauteur. Les Libanais G écrivent plus grand en hauteur que les Français G (soit + 0.9 mm, ce qui équivaut à un pourcentage de 12.7%) avec une moyenne de 7.2 mm pour les Libanais G (écart-type de 1.5) contre une moyenne de 6.2 mm pour les Français G (écart-type de 1). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,22)} = 3.049, ns$].

Longueur des traits : Il existe un effet de groupe sur la variable Longueur des traits. Les Libanais G ont une longueur des traits qui est supérieure à celle des Français G (soit + 9.9 mm, ce

qui équivaut à 14.47%) avec une moyenne de 68.5 mm pour les Libanais G (écart-type de 9.8 mm) et une moyenne de 58.7 mm pour les Français G (écart-type de 9.6 mm) ; [$F_{(1,22)} = 6.277, p < 0.05, \eta^2 = 0.222$] (voir figure 54). Cela est surtout significatif pour les mots longs. En effet, il y a une interaction Groupe*Mot significative ; [$F_{(4,88)} = 3.654, p < 0.001, \eta^2 = 0.142$]. Les tests post-hoc montrent que la différence entre les Libanais G et les Français G est significative pour « quantité » ($p = 0.011$), « ambiguïté » ($p = 0.031$), et « expérience » ($p = 0.009$) (voir figure 55).

Globalement, pour la taille d'écriture, les Libanais G écrivent plus large que les Français G et écrivent plus grand en longueur totale et en longueur de tracé. Les différences portent sur les parties tracées. Il n'y a aucune différence sur les levers.

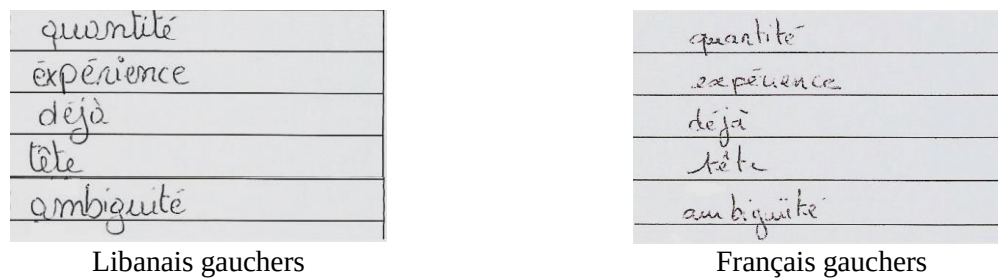


Figure 54: Illustration des mots français écrits par des gauchers Libanais et Français.

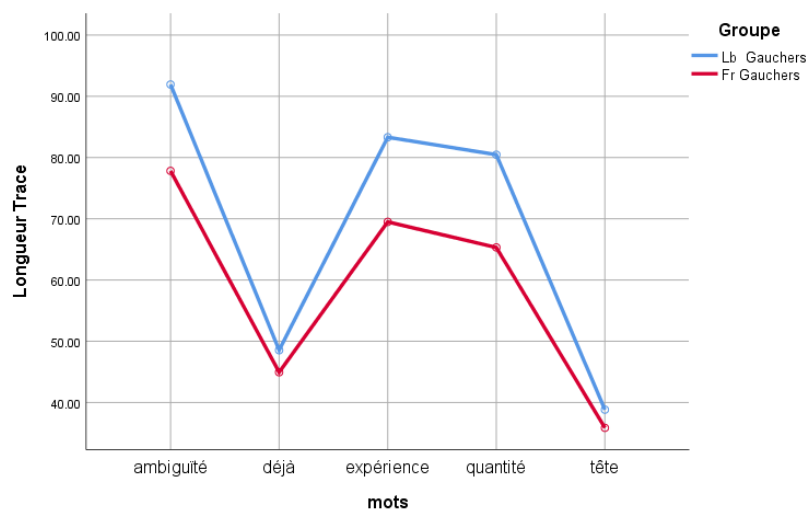


Figure 55: Longueur moyenne des Tracés pour chacun des mots français et pour les deux groupes.

Les variables temporelles

Durée totale : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Libanais G ont une durée totale qui est presque similaire à celle des Français G avec une moyenne de 3590 ms pour les Libanais G (écart-type de 1040 ms) et une moyenne de 3572 ms pour les Français G (écart-type de 679 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,23)} = 0.002, ns$].

Durée des traits : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Libanais G durent un peu plus dans les traits que les Français G (soit + 152 ms, ce qui équivaut à 5.5%), avec une moyenne de 2735 ms pour les Libanais G (écart-type de 812 ms) et une moyenne de 2583 ms pour les Français G (écart-type de 385 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,23)} = 0.358$, *ns*].

Durée des levers : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Libanais G durent moins dans les levers que les Français G (soit -138 ms, ce qui équivaut à 13.98 %), avec une moyenne de 851 ms pour les Libanais G (écart-type de 314 ms) et une moyenne de 989 ms pour les Français G (écart-type de 409 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,23)} = 0.902$, *ns*].

Aucune des durées n'est donc différente entre les Libanais G et les Français G.

Les variables cinématiques

Vitesse de tracé : Il existe un effet tendanciel du facteur groupe sur la variable Vitesse de tracé. La vitesse de tracé des Libanais G est supérieure à celle des Français G (soit +4.5 mm/sec, ce qui équivaut à 15.87%) avec une moyenne de 28.1 mm/sec pour le groupe des Libanais G (écart-type de 6.9 mm/sec) et une moyenne de 23.6 mm/sec (écart-type de 4.3 mm/sec) ; [$F_{(1,22)} = 4.084$, $p = 0.055$, $\eta^2 = 0.157$].

Fluidité : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Fluidité. Le SNvpd est similaire entre les G Libanais et Français avec des moyennes respectives de 7.2 (écart-type de 2.7) et de 7.2 (écart-type de 1.8) ; [$F_{(1,23)} = 0.024$, *ns*].

Les Libanais ont tendance à être plus rapides, mais ils ne sont pas plus fluides.

Le nombre de levers

Il n'existe pas un effet de groupe sur la variable Nombre de levers : Les G Libanais et Français font approximativement le même nombre de levers avec des moyennes respectives de 6.1 (écart-type de 1.5) et de 6 (écart-type de 1.7) ; [$F_{(1,23)} = 0.002$, *ns*].

Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français : Groupe Libanais gauchers Vs Groupe Français gauchers- posture droite

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les G Libanais et Français est résumé dans le tableau 24.

Tableau 24: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français

Variables		Libanais gauchers (N = 14)		Français gauchers- Posture droite (N = 11)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>Mo</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	23.5	6.2	17.6	3.2	6.753	0.016
	Hauteur du tracé	7.2	1.5	6.2	1	3.049	0.094
	Longueur Traits (mm)	68.5	9.8	58.7	9.6	6.277	0.02
Aspects temporel s	Durée totale m(s)	3590	1040	3572	679	0.002	0.961
	Durée des traits (ms)	2735	812	2583	385	0.358	0.556
	Durée des levers (ms)	851	314	989	409	0.902	0.352
Aspects cinématique s	Vitesse des traits (mm/sec)	28.1	6.9	23.6	4.3	4.084	0.055
	SNvpd	7.2	2.7	7.2	1.8	0.024	0.877
Nombre de levers		6.1	1.5	6	1.7	0.002	0.964

En résumé, la comparaison de l'écriture de mots français entre le groupe des Libanais G (N = 14) et le groupe des Français G (N = 11) nous permet de retenir que les Libanais tracent plus grand, mais ils ont aussi tendance à tracer plus vite ce qui explique qu'ils tracent dans les mêmes durées que les Français. Malgré leur vitesse un peu plus rapide, les Libanais ne sont pas plus fluides.

Discussion intermédiaire

On peut conclure de cette dernière comparaison entre les G libanais et français et de celle faite précédemment entre les G et les D libanais que, comme les D libanais, les G libanais ont un accent arabe quand ils écrivent en français. Cet accent est plus marqué que celui des D libanais et cela se traduit sur le plan spatial par un allongement encore plus important de leur écriture sur l'horizontale.

Les résultats obtenus chez les D et les G confirment l'existence d'interférences réciproques entre les deux SG arabe et latin. L'interférence du SG serait modulée selon que l'on soit D ou G : chez les G, l'arabe (préférentiel du point de vue dynamique) interfèrerait plus sur l'écriture du français (moins préférentiel). Ces interférences dépendent aussi du SG. L'écriture de l'arabe semble interférer uniquement sur celle du français au niveau de la largeur des traits et du nombre

de levers chez les Libanais D bigraphes, alors que l'écriture du français semble interférer uniquement sur celle de l'arabe au niveau de la hauteur des traits et de la vitesse.

Pourquoi un étalement horizontal en français ? Comme cela a été proposé dans la discussion de l'accent graphique des D (question 1), cela pourrait être une conséquence d'une spécificité de l'arabe écrit, la « *Kashida* », qui consiste à lier les lettres arabes par un trait de connexion qui tend à étaler l'écriture arabe horizontalement. Cette habitude graphique en arabe serait transférée à l'écriture du français. Inversement, l'accent français des Libanais en écriture arabe se traduit par un allongement vertical des mots arabes. Cela pourrait être là aussi la conséquence de leur habitude d'écrire en français, si on considère que le français s'étale davantage sur la hauteur que l'arabe. Une comparaison interculturelle fine serait nécessaire pour statuer sur ces différences spatiales dans les deux langues.

Quoi qu'il en soit, la raison pour laquelle les G transfèreraient davantage cette habitude graphique de l'arabe vers le français reste obscure. En outre, dans l'autre sens nous avons observé qu'ils magnifient aussi l'accent français en arabe et étalent davantage l'écriture arabe sur la verticale. La réponse à cette question est plus probablement à chercher dans les contraintes biomécaniques auxquelles sont soumis les G.

En effet, nous avons suggéré qu'un SG pourrait être plus adapté qu'un autre selon la latéralité manuelle du scripteur. Nous nous sommes basés sur le phénomène de compétition qui pourrait exister chez les G libanais lors de l'écriture du français et chez les D libanais lors de l'écriture de l'arabe. A la différence des adultes G français, les G libanais maîtrisent le SG arabe qui est plus adapté à leurs modes de coordination préférentiels d'un point de vue intrinsèque. Ces modes de coordination sont davantage stabilisés par l'apprentissage du SG arabe de droite à gauche et dont les formes circulaires sont tracées dans le sens horaire. Également, à la différence des adultes D syriens, les D libanais maîtrisent le SG latin qui correspond à leurs modes de coordinations préférentiels d'un point de vue intrinsèque. Nous estimons que les adultes libanais G et D vont être dans une situation ambiguë quand ils écrivent respectivement le français et l'arabe vu le fait qu'il y aurait une concurrence entre les patrons préférentiels intrinsèques -qui sont renforcés par l'autre système graphique- et ceux renforcés par la pratique de l'écriture. Les patrons acquis étant moins stables vont dévier lors d'une tâche contraignante vers des modes de coordination qui ne sont autres que les patrons de coordination préférentiels intrinsèques.

Cela peut expliquer que les interférences dévoilées chez les D libanais lors de l'écriture du français soient encore plus exacerbées chez les G car écrire de droite à gauche serait biomécaniquement plus aisé et spontané chez les G. Donc, les G qui ont renforcé cette aptitude intrinsèque en écrivant en arabe devraient avoir un accent arabe en français plus prononcé que les D libanais. Ainsi, l'écriture en français des G libanais serait plus impactée par l'écriture de l'arabe comparée aux G français et plus impactée que celle des D libanais comparée aux D français.

Symétriquement, l'écriture en arabe des D libanais devrait être plus impactée par l'écriture du français que celle des G libanais comparée aux G syriens. En d'autres termes, nous nous attendons à ce que les différences entre les Libanais G et les Français G dans l'écriture des mots français soient plus importantes que celles observées entre les Libanais D et les Français D. Inversement, les différences entre les Libanais D et les Syriens D dans l'écriture des mots arabes devraient être plus importantes que celles entre les Libanais G et les Syriens G.

C'est effectivement ce que nous avons obtenu pour l'écriture des mots français, mais nous ne pouvons pas répondre pour l'écriture des mots arabes par manque de Syriens G. Toutefois, il semble que les G sont plus impactés que les D par le bigraphisme, et cela dans les deux SG. En effet, et de façon contre-intuitive, ils semblent davantage pénalisés en arabe qu'en français.

Peut-être qu'écrire le français pour les G est plus contraignant sur le plan biomécanique et que l'accent arabe ne peut pas beaucoup agir sur ces contraintes. Au contraire, écrire l'arabe serait moins contraignant d'un point de vue biomécanique et donc il y aurait plus de possibilité pour l'adapter à la pratique concomitante du français.

L'étude de la tenue du stylo pourrait en dire plus de ce point de vue. Si l'écriture du français est plus contraignante pour les G, on doit s'attendre à ce que :

- Leur tenue du stylo en français ne soit pas différente de celle des G français ;
- Leur tenue du stylo en arabe se rapproche de celle qu'ils ont en français (ils ont moins de mal à écrire l'arabe même avec une posture différente) ;
- Leur tenue du stylo en arabe s'éloigne de celle des G monographes en arabe (malheureusement, on ne pourra pas vérifier cette hypothèse faute de G syriens...).

X. Question 6 : Tenue du stylo chez les gauchers

Dans la question 3 de cette thèse, nous nous sommes intéressés à la position du stylo en fonction du SG pratiqué afin de comprendre l'origine des différences de mouvements graphiques et par suite de la trace produite. Dans ce contexte, nous avons comparé des scripteurs monograpes en français (des Français) à des scripteurs monograpes en arabe (des Syriens) et à des bigraphes dans les deux langues (des Libanais). Nous avons observé des différences dans la façon d'orienter le stylo selon le sens d'écriture et, pour un sens d'écriture donné, selon que les scripteurs sont mono- ou bigraphes.

Dans les questions suivantes (4 et 5) nous avons introduit dans notre étude et dans nos comparaisons une population nouvelle : *les scripteurs gauchers*. Or, c'est un fait bien connu dans le monde occidental et donc pour l'écriture dextroverse (latine en général) que les G orientent leur stylo différemment des D. Mais qu'en est-il des scripteurs G pour l'écriture sinistroverse (l'arabe par exemple) et surtout, pour les G bigraphes capables d'écrire dans les deux directions ? Ont-ils une orientation du stylo symétrique à celle des D et cette orientation change-t-elle d'un SG à l'autre ? C'est à ces questions que nous allons tenter de répondre.

Problématisation

L'orientation du stylo chez les monograpes français G à posture droite est dépendante des mouvements de coordination requis par le SG latin. En effet, d'après van Sommers (1984), il existe des orientations préférentielles qui sont grossièrement en miroir chez les D et les G. Ces orientations qui sont symétriques résultent des contraintes biomécaniques liées au membre effecteur. Or, si le sujet G à posture droite oriente le stylo d'une manière symétrique au sujet D (de 143° d'après les résultats de la question 3, soit -37° d'écart par rapport à l'axe y de la feuille), il devrait théoriquement orienter son outil scripteur dans un angle de 217° ($180^\circ + 37^\circ$). Pratiquement, avec cette orientation du stylo, le scripteur G se trouve face à trois difficultés. La première est d'ordre physique : l'inclinaison du stylo devrait amener le scripteur G à pousser davantage sur l'outil scripteur pour progresser dans le sens gauche-droite, ce qui affecterait la fluidité de son mouvement. La deuxième se situe au niveau du contrôle en ligne de l'écriture : positionner son stylo à cet angle empêcherait le scripteur de voir ce qu'il vient d'écrire, cette trace étant cachée par les doigts de sa main gauche. La troisième est d'ordre coordinatif : l'orientation théorique du stylo autour de 215° devrait amener le scripteur à tracer des traits dans une orientation non préférentielle pour progresser vers la droite (Danna *et coll.*, 2011). Cette orientation est non préférentielle car elle résulterait des mouvements non équivalents entre le poignet et les doigts pour reprendre les termes de Dounskaïa *et coll.* (2000), comme cela a été représenté sur la figure 42 (p. 106, à gauche). Ainsi, une adaptation de l'orientation du stylo qui résulte des contraintes

imposées par l'écriture du SG latin s'avère nécessaire afin de progresser de la gauche vers la droite. Cela a été étudié au cours du développement de l'écriture chez l'enfant, et deux stratégies se retrouvent chez les scripteurs G : soit ils adoptent une posture inversée, soit ils orientent leur stylo vers 180° (Bryson & MacDonald, 1984) (voir figure 56).

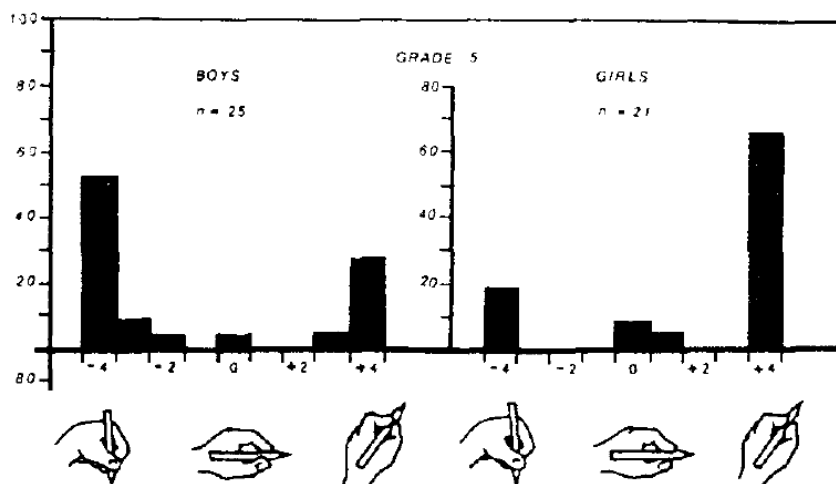


Figure 56: Distributions des scores composites de posture de la main selon le sexe (Bryson & MacDonald, 1984).

L'idée de base est de savoir si les Libanais G ont une position de stylo identique aux Français G quand ils écrivent en français ou si, comme les D, ils sont influencés par leur pratique concomitante de l'arabe. La complexité de la coordination nécessaire pour transcrire le français dans cette posture nous amène à prédire que le SG latin contraint la tenue de l'outil scripteur, que ce soit chez les G Libanais ou Français. En revanche, les Libanais G adopteraient une posture unique intermédiaire pour les deux SG. C'est une stratégie « économique » car elle éviterait que les scripteurs changent la position de leur main quand ils écrivent de droite à gauche et de gauche à droite qu'ils soient D ou G. Ils trouveraient une orientation de « compromis » imposée par les deux sens d'écriture. Nous étayons notre idée sur les observations de Sassoon (1995) effectuées sur la posture d'écriture chez des adultes et enfants malaisiens qui sont capables d'écrire en arabe et en anglais. Aucun des scripteurs n'a changé de posture d'écriture quand il a alterné entre les SG. Il semble qu'ils ont trouvé une posture intermédiaire qui fonctionne adéquatement sur les deux SG. Cette posture intermédiaire serait plus proche de 180°, orientation qui serait la plus adaptée aux deux sens d'écriture car perpendiculaire à la trace écrite.

De cette question principale découle deux questions opérationnelles :

Question 6a : Comment les gauchers Libanais adaptent-ils leur position de stylo quand ils écrivent dans les deux SG ? Pour répondre à cette question, nous comparerons la tenue du stylo des Libanais G quand ils écrivent en français et en arabe.

Question 6b : Comment les gauchers libanais tiennent-ils leur stylo relativement aux gauchers français ? Autrement dit, leur accent à l'écrit est-il associé à une tenue différente du stylo ? Pour répondre à cette question, nous comparerons la tenue du stylo des G libanais et français.

X.1 Question 6a : Comment les gauchers Libanais adaptent-ils leur position de stylo quand ils écrivent dans les deux systèmes graphiques ?

Participants

Dans cette question, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots arabes et 5 mots français chez les scripteurs G Libanais à posture droite de la main (N=14) (voir figure 57).

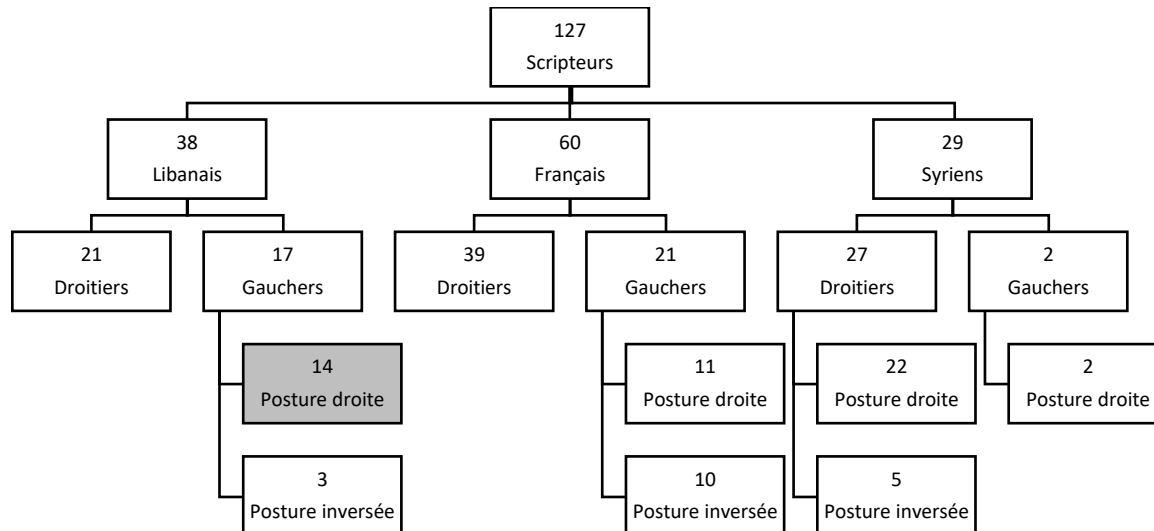


Figure 57: Présentation de la population de la question 6a

X.1.1 Comparaison de la tenue du stylo des Libanais gauchers lors de l'écriture de mots français et arabe

Résultats

Orientation

Les G ont une orientation de 175.6 degrés (écart-type de 16.4°) quand ils écrivent en français et de 180.0 degrés (écart-type de 13.8°) quand ils écrivent en arabe. La différence (4.5 degrés) n'est pas significative ; [$F_{(1,24)} = 0.658$, ns] (voir figure 58).

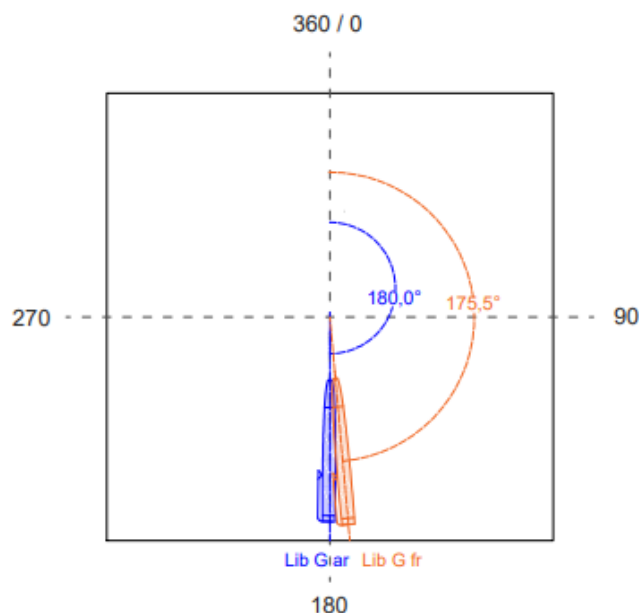


Figure 58: Orientation du stylo chez les gauchers Libanais lors de l'écriture de l'arabe (en bleu) et du français (en marron).

Inclinaison

Les G ont une inclinaison pratiquement identique quand ils écrivent dans les deux SG, avec une moyenne de 54.6 degrés (écart-type de 4.2°) quand ils écrivent en français et de 54.3 degrés (écart-type de 3.7°) quand ils écrivent en arabe [$F_{(1,24)} = 0.001$, *ns*] (voir tableau 25).

Tableau 25 : Angles de tenue du stylo chez les Libanais gauchers lors de l'écriture de mots français et arabe

Angles- Posture droite	Libanais gauchers- Mots français (N = 14)		Libanais gauchers- Mots arabes (N = 14)		ANOVA à mesures répétées	
	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Orientation	175.6	16.4	180.0	13.8	0.658	0.08
Inclinaison	54.6	4.2	54.3	3.7	0.001	0.971

Contrairement aux D, les G libanais ne changent que peu l'orientation de leur stylo quand ils passent d'une langue à l'autre. Cette variation d'orientation (4.4°) n'est que tendancielle mais il se peut que le faible effectif de G ne permette pas d'atteindre le seuil de significativité. Quand ils passent de l'arabe au français, ils s'écartent de l'axe principal de la feuille (180°). Est-ce pour se rapprocher d'une orientation qui est plus compatible avec l'écriture du français quand on est G ? La comparaison suivante va permettre de le savoir.

En ce qui concerne l'inclinaison, il n'y a aucun changement.

X.2 Question 6b : Comment les gauchers libanais tiennent-ils leur stylo relativement aux gauchers français ?

Participants

Dans cette question, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots français chez les scripteurs G Libanais (N=14) et Français (N=11) à posture droite de la main (voir figure 59).

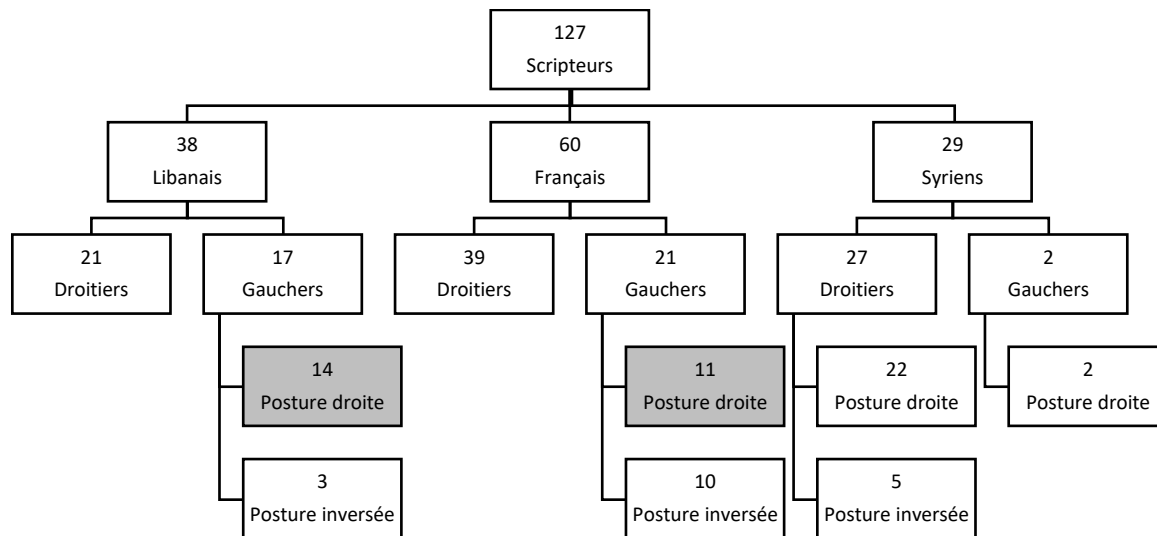


Figure 59: Présentation de la population de la question 6b

X.2.1 Comparaison de la tenue du stylo chez les scripteurs gauchers libanais et français

Résultats

Orientation

Il n'existe pas un effet de groupe sur l'orientation du stylo : L'orientation des G français et libanais à posture droite diffère mais pas de façon significative ; [$F_{(1,23)} = 2.706, ns$]. Pour les deux groupes, le stylo est aligné avec l'axe principal de la feuille mais il est dans le quadrant Sud- Ouest pour les Français G avec une moyenne 186 degré (écart-type de 14.97°) et dans le quadrant Sud-Est pour les Libanais G avec une moyenne de 176 degrés (écart-type de 17.07°) (10.5° plus à l'ouest que les G libanais) (voir figure 60).

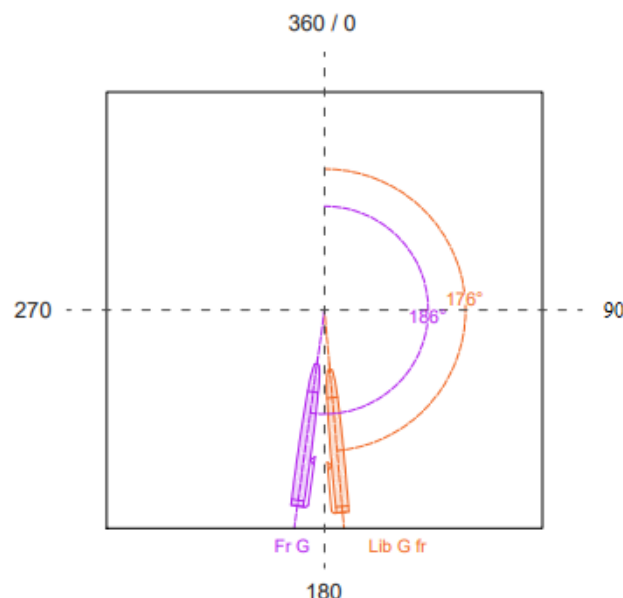


Figure 60: Orientation du stylo chez les gauchers Français (en mauve) et Libanais (en marron) pour l'écriture des mots français

Inclinaison

Il n'existe pas un effet du groupe sur l'inclinaison du stylo. Les Libanais G inclinent leur stylo de la même façon que les Français G (pour les Libanais : moyenne de 54.5, écart-type de 4.15 ; pour les Français : moyenne de 54.6, écart-type de 3.69) ; [$F_{(1,23)} = 0.018$, *ns*] (voir tableau 26).

Tableau 26: Angles de tenue du stylo chez les adultes gauchers à posture droite Libanais et Français

Angles- Posture droite	Libanais gauchers (N = 14)		Français gauchers (N = 11)		ANOVA à mesures répétées	
	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Orientation	176	17.07	186	14.97	2.706	0.113
Inclinaison	54.5	4.15	54.6	3.69	0.018	0.894

Discussion intermédiaire

Globalement, qu'ils soient Français ou Libanais et, pour les Libanais, qu'ils écrivent en français ou en arabe, les G orientent leur stylo autour de 180 degrés, c-à-d sur le grand axe (Nord-Sud) de la feuille. On peut remarquer que c'est également l'orientation des D syriens et libanais quand ils écrivent en arabe (voir figure 61).

Comparaisons entre Français

Rappelons que les D français orientent leur stylo vers le Sud-Est (à 143°). Les G français n'ont pas une orientation symétrique à celle des D français qui les aurait conduits à orienter leur stylo Sud-Ouest (à 217°). S'ils avaient orienté leur stylo ainsi, les G n'auraient pas vu ce qu'ils étaient en train d'écrire, et de plus, auraient poussé sur le stylo. Ils ont orienté leur stylo à 186° , une position du stylo plus 'neutre' qui dégage la vue de la trace écrite et dans laquelle on ne pousse pas le stylo.

Comparaisons entre Libanais

Rappelons que les D libanais orientent leur stylo vers le Sud-Est (à 168°). Les G libanais n'ont pas une orientation symétrique à celle des D libanais qui les aurait conduits à orienter leur stylo légèrement Sud-Ouest (à 192°). Ils sont à 176° donc orientés presque Sud.

Comparaisons entre Français et Libanais

Les G libanais ont une orientation un peu différente de celle des G français (10.5°). Si la différence d'orientation n'atteint pas tout-à-fait le seuil de significativité statistique, c'est probablement à cause du trop faible effectif de sujets. Comme pour les D libanais, leur accent à l'écrit par rapport aux G français est donc aussi associé à une orientation différente du stylo relativement aux mêmes Français. Cependant, et contrairement à ce qui était attendu, si les G libanais changent l'orientation de leur stylo quand ils passent de l'arabe au français ($180^\circ \Rightarrow 176^\circ$), ce n'est pas pour se rapprocher de l'orientation des G français (186°), mais au contraire pour s'en écarter. Cette constatation est difficilement explicable.

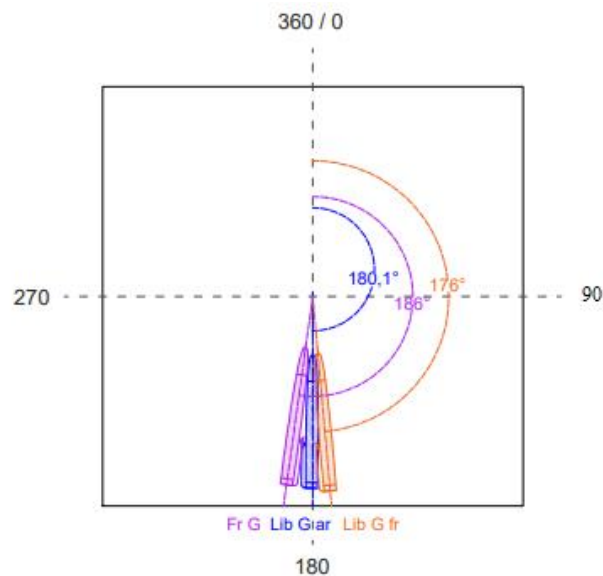


Figure 61: Orientation du stylo chez les gauchers Français (en mauve), Libanais gauchers- mots français (en marron) et Libanais gauchers- mots arabe (en bleu)

Globalement, les G libanais ont une orientation pour écrire le français qui est assez proche de celle des G français et ils gardent cette orientation pour écrire l'arabe (voir [annexe K](#)). Tous les scripteurs G que nous avons comparés jusqu'à présent ont adopté une orientation Sud, voisine de 180°. Cette même orientation est aussi adoptée par les D Syriens et Libanais quand ils écrivent l'arabe. On peut considérer que cette orientation Sud (180°) est la plus adaptée à différents égards : elle permet de voir ce qui est écrit et de ne pas pousser sur le stylo, quel que soit le sens d'écriture et quelle que soit la main utilisée. Il n'est donc pas étonnant qu'elle soit l'orientation la plus souvent adoptée dans les différentes conditions que nous avons comparées. Seuls les Français D ont une orientation qui s'en éloigne vraiment (143°) car ils écrivent avec la main qui convient probablement le mieux à l'écriture latine sinistrophe.

Dans des conditions complètement symétriques, c-à-d pour l'écriture de l'arabe par des monographes G (des Syriens) on devrait s'attendre à observer une orientation symétrique de celle des D français, soit une orientation Sud-Ouest de 217°. Mais cela doit être confirmé par des enregistrements de tels scripteurs. Si cela était confirmé, alors l'orientation adoptée par les G libanais quand ils écrivent en arabe (180°) serait très nettement éloignée de celle des Syriens G et beaucoup plus proche de celle des G français (186°).

Ils écriraient donc l'arabe avec une posture plutôt faite pour le français et cela pourrait expliquer leur fort accent français en arabe.

Mais ces interprétations sont construites sur des considérations théoriques assez conjecturales, en particulier sur le postulat qu'il y a une relation étroite et causale entre l'orientation du stylo et les caractéristiques de la trace écrite. L'existence de ces relations est au cœur des deux prochaines questions.

XI. Question 7 : Posture inversée chez les monographes

Est-ce que la posture de la main impacte l'écriture du français ou de l'arabe ?

Problématisation

Adaptations : La prise de l'outil scripteur

La prise de l'outil scripteur est une des caractéristiques les plus mises en relief chez les scripteurs G quand ils écrivent le SG latin. Il est important de mentionner que la prise de l'outil scripteur (ou posture manuelle) n'est décrite que dans des études européennes et anglo-saxonnes, où les participants utilisent le SG latin (e.g., Bryson & MacDonald., 1984). A notre connaissance, aucune étude ne recense un échantillon arabe ou même sémitique (hébreu, hindi) avec des participants D et G. Les postures adaptatives ne sont donc pas relatées chez les scripteurs qui écrivent de la droite vers la gauche, et la manifestation d'une posture ou d'une autre n'est pas associée au sens de l'écriture ou au SG adopté.

Dans les sociétés européennes et anglo-saxonnes, le scripteur G adopte généralement deux postures (voir figure 62) :

- Dans la première, dite posture droite, la main est placée sous la ligne et la feuille est inclinée dans le sens horaire pour écrire le SG latin avec l'avant-bras perpendiculaire à la ligne d'écriture (Guiard & Millerat, 1984 ; Athènes & Guiard, 1991). Cette position consiste à avoir le poignet généralement fixe. Ce sont en grande partie les doigts qui participent à la formation des lettres grâce à des mouvements de flexion /extension (Athènes *et coll.*, 1990 ; in Zesiger, 1995). Ceci peut expliquer une plus grande variabilité dans l'orientation de l'écriture, les articulations des doigts ayant un nombre de DDL supérieur à l'articulation du poignet (Teulings, 1996).
- Dans la seconde, dite position inversée, le poignet est en position de flexion, alors que les doigts sont mobiles en extension. La main est placée au-dessus de la ligne d'écriture pour permettre un feedback visuel et la pointe du stylo est orientée vers le bas de la feuille (Zesiger, 1995). Dans cette posture, la feuille est inclinée dans le sens anti-horaire (Guiard & Millerat, 1984). L'écriture cursive se fait principalement grâce aux mouvements d'adduction et d'abduction du poignet (Meulenbroek & Van Galen, 1989). Les scripteurs G à posture inversée tracent les traits verticaux du haut vers le bas et exécutent les tracés obliques par abduction du poignet. La position de la main inversée est donc une adaptation fonctionnelle, biomécanique à la direction conventionnelle de l'écriture (de la gauche vers la droite). Pour Szeligo, Brazier & Houston (2003), la posture inversée chez les G est une solution adaptative à un sens d'écriture « fait » pour les D. La posture inversée adoptée par les G français leur permet de ne pas repasser sur ce qu'ils ont écrit et peut-être de mieux voir. Toutefois, nous nous demandons

si cette posture est utile pour un G qui écrit en arabe. Logiquement, si l'on devait observer des postures inversées en arabe, ce serait plutôt chez les D.

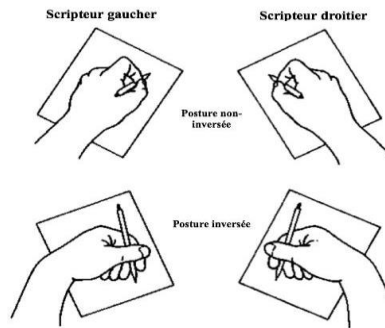


Figure 62: Postures manuelles inversées et droite (tiré de Lagrange- Ourliac, 2014)

Meulenbroek & Thomassen (1992) ont montré que les G à posture non-inversée tendent à soulever le stylo plus fréquemment. Selon Athènes & Guiard. (1991), ces deux positions ont la même efficacité quant au temps requis pour écrire une phrase. Les travaux de Peters & Pang (1992) ont de même montré que les G à posture inversée écriraient aussi vite que ceux adoptant une posture non inversée.

L'émergence de la préférence pour l'une ou l'autre posture est visible dès le cycle primaire (e.g., Bryson & MacDonald., 1984) et la posture continue à évoluer jusqu'à l'âge adulte (Guiard & Athènes, 1985). La posture inversée est plus souvent retrouvée chez des adultes G masculins (Meulenbroek *et coll.*, 1989) et d'anciens travaux ont montré une relation étonnante entre type de posture (inversée et non inversée) et l'organisation visuomotrice (Moscovitch & Smith, 1979).

Meulenbroek & Thomassen (1992) ont débattu sur la relation entre les postures adoptées lors de l'écriture et les contraintes biomécaniques de celles-ci, explicitant que la posture inversée et celle non-inversée sont spécifiques au G (Geschwind & Galaburda, 1985 ; Meulenbroek *et coll.*, 1989). Nous relevons ici que ces études ne sont appliquées qu'à des échantillons monograpes écrivant le même SG latin.

Participants

Dans cette question, nous présenterons les données des comparaisons effectuées sur 5 mots français chez les scripteurs G Français à posture droite (N= 11) et à posture inversée de la main (N= 10) (voir figure 63).

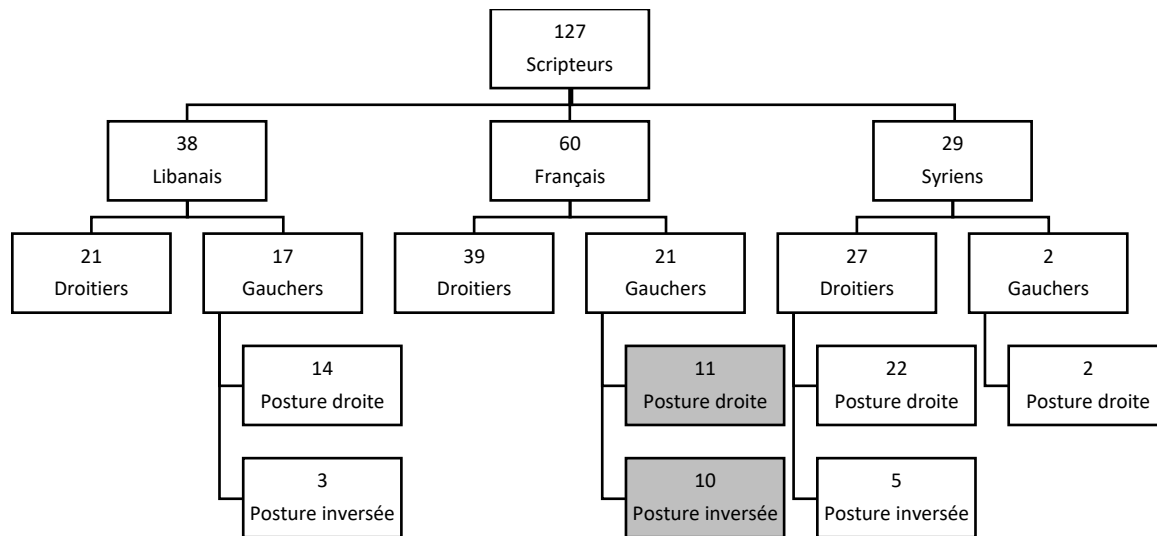


Figure 63: Présentation de la population de scripteurs monographes gauchers français

XI.1 Comparaison de l'écriture des mots français chez les adultes Français gauchers à posture droite et ceux à posture inversée

Résultats

Les variables spatiales

Largeur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Largeur. Les Français G à posture inversée écrivent un peu plus grand en largeur que les Français G à posture droite (soit + 1.6 mm, ce qui équivaut à 8.16%) avec une moyenne de 19.1 mm (écart-type de 5 mm) contre une moyenne de 17.6 mm pour les Français G à posture droite (écart-type de 3.2 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,18)} = 0.419$, *ns*].

Hauteur des tracés : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Hauteur. Les Français G à posture inversée écrivent un peu plus grand en hauteur que les Français G à posture droite (soit + 1 mm, ce qui équivaut à 14.18%) avec une moyenne de 7.3 mm (écart-type de 2.3 mm) contre une moyenne de 6.3 mm pour les Français G à posture droite (écart-type de 1 mm). Toutefois, cette différence n'est pas significative [$F_{(1,18)} = 2.11$, *ns*].

Longueur des traits : Il n'existe pas un effet de groupe sur la variable Longueur des traits. Les Français G à posture inversée ont une longueur des traits qui est légèrement supérieure à celle des Français G à posture droite (soit + 4.11 mm, ce qui équivaut à 6.54%) avec une moyenne de 62.8 mm pour les Français G à posture inversée (écart-type de 18.8 mm) et une moyenne de 58.7 mm pour les Français G (écart-type de 9.6 mm). Cette différence est non significative ; [$F_{(1,18)} = 0.404$, *ns*].

Globalement, les Français G à posture inversée n'écrivent pas à une taille différente des Français G à posture droite.

Les variables temporelles

Durée totale : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée totale. Les Français G à posture inversée ont une durée totale qui est inférieure à celle des Français G à posture droite (soit - 175.95 ms, ce qui équivaut à 4.95%) avec une moyenne de 3377 ms pour les Français G à posture inversée (écart- type de 268 ms) et une moyenne de 3553 ms pour les Français G à posture droite (écart-type de 679 ms). Cette différence est non significative ; [$F_{(1,18)} = 1.157$, ns].

Durée des traits : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des traits. Les Français G à posture inversée durent un peu moins que les Français G à posture droite dans les traits (soit - 131 ms, ce qui équivaut à 5.13%), avec une moyenne de 2431 ms pour les Français G à posture inversée (écart-type de 245 ms) contre une moyenne de 2563 ms pour les Français G à posture droite (écart-type de 347 ms). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,18)} = 1.507$, ns].

Durée des levers : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Durée des levers. Les Français G à posture inversée durent un peu moins dans les levers que les Français G à posture droite (soit - 43.8 ms, ce qui équivaut à 4.42 %), avec une moyenne de 946 ms pour les Français G à posture inversée (écart-type de 265 ms) contre une moyenne de 989 ms pour les Français G à posture droite (écart-type de 409). Toutefois, cette différence n'est pas significative ; [$F_{(1,18)} = 0.083$, ns].

Aucune des durées n'est différente entre les Français G à posture droite et ceux à posture inversée.

Les variables cinématiques

Vitesse des traits : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Vitesse de tracé. La vitesse de tracé des Français G à posture inversée est supérieure à celle des Français G à posture droite (soit +3.54 mm/sec, ce qui équivaut à 13%) avec une moyenne de 27.2 mm/sec pour les Français G à posture inversée (écart-type de 7 mm/sec) et une moyenne de 23.6 mm/sec pour les Français à posture droite (écart-type de 4.3 mm/sec) ; [$F_{(1,18)} = 2.394$, ns].

Fluidité : Il n'existe pas un effet du groupe sur la variable Fluidité. Les Français G à posture inversée ont un SNvpd de 7.5 (avec un écart-type de 1.5) et les Français G à posture droite ont une moyenne de 7.2 (écart-type de 1.8) ; [$F_{(1,18)} = 0.220$, ns].

La vitesse et la fluidité des tracés ne diffèrent pas entre les Français G à posture inversée et ceux à posture droite.

Le nombre de levers

Il existe un effet tendanciel du facteur groupe sur la variable Nombre de levers : Les Français G à posture inversée font un lever de plus que les Français G à posture droite avec une moyenne de 7.2 pour les Français G à posture inversée (écart-type de 1.4) et une moyenne de 6 pour les Français G à posture droite (écart-type de 1.7) ; [$F_{(1,18)} = 3.235, p = 0.088$].

Synthèse des résultats relatifs à l'écriture des mots français chez les Français gauchers à posture droite et à posture inversée

L'ensemble des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Français G à posture droite et à posture inversée est résumé dans le tableau 27.

Tableau 27 : Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots français chez les Français gauchers à posture droite et ceux à posture inversée

Variables		Français G Posture droite (N = 11)		Français G Posture inversée (N = 10)		ANOVA à mesures répétées	
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Aspect spatial	Largeur (mm)	17.6	3.2	19.1	5	0.419	0.526
	Hauteur du tracé	6.3	1	7.3	2.3	2.11	0.163
	Longueur Traits (mm)	58.7	9.6	62.8	18.8	0.404	0.533
Aspect temporel	Durée totale m(s)	3553	679	3377	268	1.157	0.296
	Durée des traits (ms)	2563	347	2431	245	1.507	0.235
	Durée des levers (ms)	989	409	946	265	0.083	0.777
Aspect cinématique	Vitesse des traits (mm/sec)	23.6	4.3	27.2	7	2.394	0.139
	SNvpd	7.2	1.8	7.5	1.5	0.220	0.644
	Nombre de levers	6	1.7	7.2	1.4	3.235	0.088

En résumé, la comparaison de l'écriture de mots français entre le groupe Français G à posture droite (N = 11) et le groupe des G à posture inversée (N = 10) nous permet de conclure qu'il existe peu de différence (aucune significative) entre l'écriture des mots des G à posture droite et ceux à posture inversée. Nous retenons une tendance chez les G à posture inversée à lever plus le stylo en l'air que les G à posture droite. On peut se questionner sur les postures adoptées dans les cultures où on écrit uniquement de droite à gauche. Pour des D, adopter une orientation Sud-Est (SE, 140°-150°) comme celle représentée en haut et à droite de la figure 61 serait contre-productif visuellement (on ne voit pas ce qui vient d'être écrit) et biomécaniquement (on pousse le stylo et la translation serait dans l'orientation non-préférentielle). Adopter une orientation symétrique Sud-Ouest (SO, 210°-220°) serait très inconfortable avec la main droite et aussi très préjudiciable visuellement. La position la plus adaptée est une orientation Sud (180°) qui est confortable car elle dégage la vision de la trace écrite et est neutre du point de vue biomécanique (on ne pousse ni ne tire sur le stylo). On peut remarquer qu'une autre stratégie pour les D qui écrivent en arabe (plus généralement vers la gauche) serait d'adopter une position inversée comme le font certains G français. On pourrait donc s'attendre à trouver ce type de posture chez les scripteurs syriens D.

Comparaison de l'écriture des mots arabes chez les adultes Syriens droitiers à posture droite et ceux à posture inversée

Participants

En fait, dans la population initiale des Syriens (27) nous avons constaté que 5 d'entre eux (soit 18.5%) présentaient une posture inversée. Bien que cette proportion n'atteigne pas celle observée chez les Français G (à peu près 50%), elle n'est pas anecdotique et mérite qu'on s'y intéresse. Il est important de signaler que la littérature ne mentionne pas une posture inversée chez les monographes D qui écrivent le système graphique latin chose qui a été notée chez des scripteurs monographes arabes. Bien que le nombre de monographes D syriens à posture inversée soit réduit (N= 5) nous nous sommes intéressés à examiner les caractéristiques de leur écriture en arabe à travers des tests non paramétriques (voir figure 64).

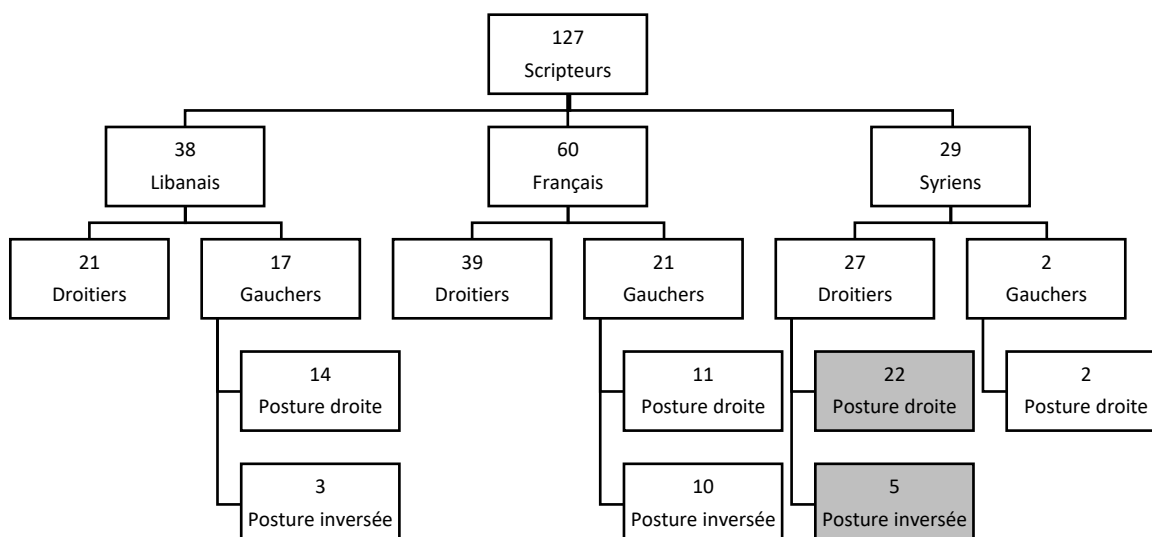


Figure 64: Présentation de la population de scripteurs monographes droitiers arabes

Résultats

Au niveau spatial, la largeur et la hauteur des tracés sont différentes entre les deux groupes. L'écriture des scripteurs D à posture inversée semble être moins large (dans la dimension horizontale) et plus haute (dans la dimension verticale) que celle des sujets D syriens à posture droite.

Les tests non paramétriques de Friedman effectués ne montrent aucune différence significative entre les Syriens D à posture droite et ceux à posture inversée pour toutes les variables temporelles et cinématiques (voir tableau 28).

Tableau 28: Présentation des résultats des variables relatives à l'écriture des mots arabes chez les Syriens droitiers à posture droite et posture inversée

Variables		Syriens droitiers Posture droite (N = 22)		Syriens droitiers Posture inversée (N = 5)		<i>p</i>
		<i>M</i>	<i>E. T</i>	<i>M</i>	<i>E. T</i>	
Aspects spatiaux	Largeur (mm)	18.8	2.6	12.1	1.3	0.000
	Hauteur du tracé	5.4	0.8	8.2	1.3	0.006
	Longueur Traits (mm)	42.4	5.2	44.2	7.7	0.634
Aspects temporels	Durée totale m(s)	3418	923	3851	1067	0.438
	Durée des traits (ms)	2087	374	2392	590	0.321
	Durée des levers (ms)	1331	703	1458	482	0.642
Aspects cinématiques	Vitesse des traits (mm/sec)	23.4	4	20.7	3.6	0.188
	SNvpd	4.8	1.9	5.7	2.1	0.381
Nombre de levers		6.6	1	6.5	0.2	0.604

Discussion intermédiaire

En écriture latine, adopter une posture inversée ne semble pas changer la trace écrite, ni le mouvement d'écriture. Cette position se traduit par une orientation très éloignée de celle de la posture droite (300° à 360° vs 180°) et malgré cela les caractéristiques de l'écriture, qu'il s'agisse de la trace écrite ou du mouvement graphique, ne sont pas significativement différentes.

En écriture arabe, adopter cette posture aurait peut-être davantage de conséquences mais cela reste à vérifier. En effet, cette description, qui est relative à cinq sujets, ne reste qu'indicative et ne peut être généralisée à l'ensemble des sujets D monographes à posture inversée. Dans cette perspective, il nous semble nécessaire d'appliquer dans le futur ce protocole auprès d'un plus grand nombre de sujets syriens D afin de pouvoir vérifier si la posture inversée impacte l'écriture des sujets monographes D.

Cette constatation nous conduit à conclure que la posture inversée n'étant pas plus ou moins optimale par rapport à la posture non inversée de l'écriture, on peut penser qu'il s'agit d'une position de confort pour les scripteurs qui l'adoptent. On peut s'interroger sur les liens fonctionnels qui existeraient entre les caractéristiques de l'écriture et les différentes façons de tenir le stylo que nous avons observées chez toutes les populations de scripteurs. Si ces liens existent, on devrait trouver des corrélations entre l'orientation du stylo et les variables de l'écriture qui sont sujettes à un accent dans les deux SG. C'est l'objet de l'étude qui suit.

XII. Question 8 : Existe-t-il une corrélation entre les variables relatives à la tenue du stylo et celles relatives aux changements d'écriture engendrés par le bigraphisme ?

Problématisation

Cette ultime question vise à lier les précédentes questions relatives à la tenue du stylo et la manière d'écrire. Nous avons tenté de faire le lien entre les caractéristiques de l'écriture produite, en termes de trace écrite et de mouvement graphique, et les différentes façons de tenir le stylo que nous avons observées dans toutes les populations de scripteurs. En particulier, les différences d'écriture observées entre bigraphes et monographes sont-elles corrélées aux différences d'orientation du stylo qui existent entre les deux populations ?

L'orientation différente du stylo peut-elle expliquer la dilatation horizontale de l'écriture des mots français et la dilatation verticale de l'écriture des mots arabes ? Si c'est le cas, nous devons nous attendre à avoir une corrélation entre l'orientation du stylo et la Largeur du tracé en français (8a) et entre l'orientation du stylo et la hauteur du tracé en arabe (8b).

XII.1 Question 8a- La dilatation horizontale de l'écriture des Libanais est-elle liée à leur orientation différente de celle des Français ?

En d'autres termes, pour les mots français, existe-t-il une corrélation entre l'orientation du stylo et la largeur du tracé lors de l'écriture de mots français ?

Participants

Dans cette question, nous présenterons les corrélations entre l'orientation du stylo et la largeur du tracé chez les Français D et G et chez les Libanais D et G. Enfin, nous exposerons les corrélations entre ces variables auprès de l'ensemble de la population des scripteurs D (Français et Libanais) et G (Français et Libanais) (voir figure 65).

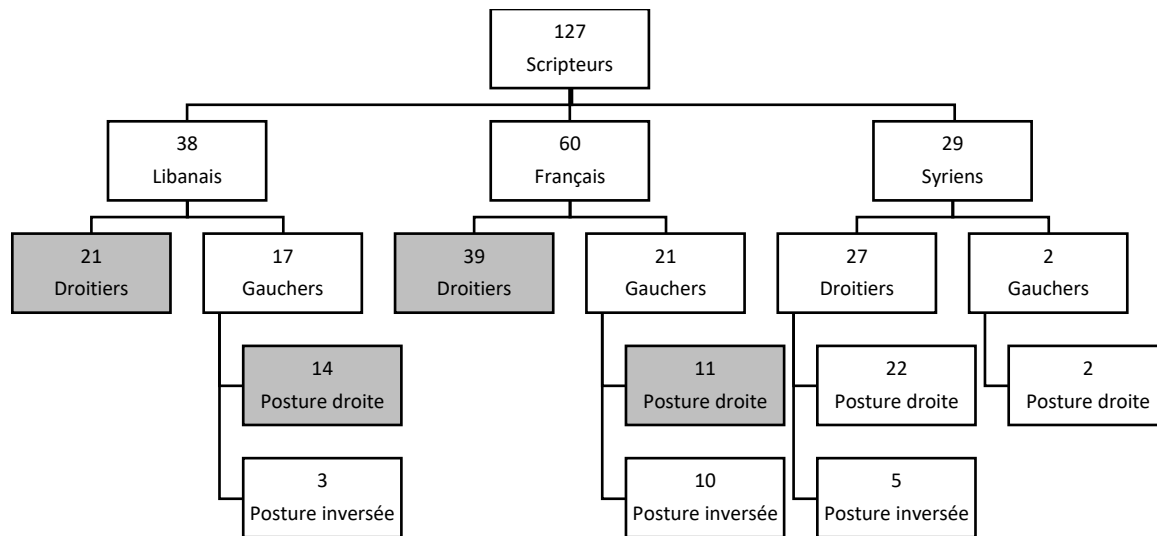


Figure 65: Présentation de la population de la question 8a

Corrélation entre l'orientation du stylo et la largeur du tracé chez les Français et Libanais droitiers et chez les Français et Libanais gauchers

Il n'existe aucune corrélation significative entre l'orientation du stylo et la largeur du tracé chez les scripteurs :

- Libanais et Français D : $r = 0.197$, $p = 0.132$, *ns*
- Libanais et Français G : $r = -0.078$, $p = 0.718$, *ns*

XII.2 Question 8b- La dilatation verticale de l'écriture en arabe des Libanais est-elle liée à leur orientation différente de celle des Syriens ?

Si c'est le cas, on doit s'attendre à avoir une corrélation entre l'orientation du stylo et la hauteur de tracé chez les scripteurs en arabe.

Participants

Dans cette question, nous présenterons les corrélations entre l'orientation du stylo et la hauteur du tracé chez les Syriens D et chez les Libanais D et G à posture droite. Enfin, nous exposerons les corrélations entre ces variables auprès de l'ensemble de la population des scripteurs D (Syriens et Libanais) (voir figure 66).

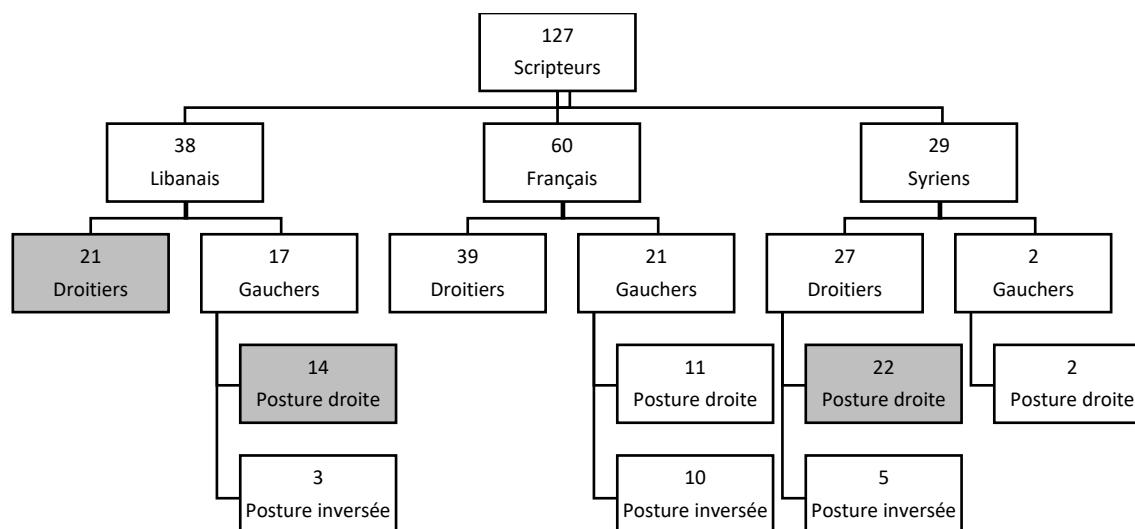


Figure 66: Présentation de la population de la question 8b

Corrélation entre l'orientation du stylo et la hauteur du tracé chez les Syriens et Libanais droitiers

Il n'existe aucune corrélation significative entre l'orientation du stylo et la hauteur du tracé chez tous les scripteurs Libanais et Syriens D : $r = 0.092$, $p = 0.557$, *ns*.

Discussion intermédiaire

On peut donc conclure que ni la dilatation horizontale observée dans l'accent français, ni la dilatation verticale observée dans l'accent arabe ne semblent liées au changement d'orientation du stylo. Les deux variables sont indépendantes.

L'accent français en arabe et l'accent arabe en français ne sont pas consécutifs à un positionnement différent du stylo relativement à la feuille de papier.

Plus généralement, les caractéristiques spatiales de la trace écrite ne semblent pas reliées à l'orientation du stylo. Cela était déjà manifeste dans la comparaison de la question précédente entre les postures droites (orientation env. 180°) et inversées (env. 360°).

XIII. Discussion générale

Rappel des questions et des résultats

Cette thèse était consacrée au bigraphisme, une situation analogue pour le langage écrit à celle du bilinguisme pour le langage oral, mais beaucoup moins étudiée et dont les conséquences comportementales et neurocognitives sont beaucoup moins connues. Après avoir défini le concept de bigraphisme et présenté toutes ses acceptions et les situations linguistiques diverses qu'il recouvre, nous nous sommes demandé si le bigraphisme pouvait présenter des inconvénients, s'il pouvait engendrer, si ce n'est un coût, peut-être un accent à l'écrit comme les bilingues peuvent avoir un accent à l'oral (Dweik, 2000 ; Nga, 2012 ; Medane, 2015)

Pour tenter de répondre à cette question, nous avons cherché à savoir si écrire dans deux systèmes alphabétiques dont le sens d'écriture est opposé pouvait donner lieu à des interférences graphiques dans la production écrite. Pour cela, nous avons étudié l'écriture d'une population de bigraphes particuliers, les Libanais, qui utilisent conjointement deux systèmes alphabétiques pour lire et écrire : - le SG arabe, qui correspond à la langue première au Liban et qui est sinistrophe, - le SG latin qui est dextrophe et majoritairement utilisé dans les pays occidentaux et que les Libanais pratiquent avec les langues française et anglaise.

Nous avons donc étudié trois populations différentes à qui nous avons proposé un protocole expérimental très proche qui consistait à écrire des mots dans leur(s) langue(s) respective(s) : des Syriens monograpes en arabe, des Français monograpes en français et des Libanais bigraphes dans ces deux langues. Leurs productions écrites ont été enregistrées à l'aide d'une tablette graphique ce qui a permis d'étudier non seulement la trace produite, comme on pourrait le faire sur une simple feuille de papier, mais également les déplacements du stylo dans l'espace graphique. Grâce à cet outil d'une haute précision spatiale et temporelle nous avons pu détailler les « variables cachées » de l'écriture (Danna *et coll.*, 2013), en particulier l'orientation du stylo pendant l'écriture, ce qui s'est révélé pertinent au regard des questions abordées dans ce travail expérimental.

Pourquoi s'attendre à observer un accent écrit chez les bigraphes libanais ? Parce qu'ils savent écrire dans les deux sens et que, pour s'adapter à cette dualité de direction, leurs procédures graphomotrices pourraient être un peu différentes de celles mises en jeu par les monograpes. En effet, l'écriture sinistrophe implique une coordination des activités musculosquelettiques au niveau des doigts et du poignet qui est opposée à celle mise en jeu dans l'écriture dextrophe. Par conséquent, l'organisation motrice depuis le niveau central jusqu'au niveau périphérique doit être revue et adaptée en fonction du sens de l'écriture (Margolin, 1984 ; Ellis, 1982 ; Ellis, Young, & Anderson, 1988 ; van Galen, 1991 ; Kellogg, 1996 ; Olive, 2014).

Dans un premier temps, nous avons cherché cet accent chez des scripteurs D. Les résultats ont confirmé que les Libanais D ont un double accent à l'écrit : un accent arabe quand ils écrivent en français et réciproquement un accent français quand ils écrivent en arabe. Cet accent concerne essentiellement les caractéristiques spatiales de l'écriture, mais curieusement il n'est pas exactement le même dans les deux SG. En effet, les Libanais dilatent leur écriture sur l'horizontale en français et sur la verticale en arabe.

Dans l'ensemble, leurs mouvements graphiques ne sont pas vraiment différents de ceux des monographes français et syriens.

Nous avons vérifié que ces différences spatiales n'étaient pas consécutives à une façon d'écrire différente, elle-même associée à un apprentissage différent de l'écriture ou à un style graphique particulier des Libanais, par exemple une intrusion de lettres scriptes dans les mots cursifs (Mansour, 2015). Pour cela, nous avons fait « lire » les mots français à des sujets naïfs, français et libanais, en leur demandant de déterminer si, selon eux, le scripteur qui les avait écrits était un Français ou Libanais. Le résultat de cette expérience a clairement montré que toute identification visuelle de la nationalité du scripteur était impossible. Cela nous a confirmé dans l'idée que ce léger accent était plutôt d'origine sensorimotrice et associé à une représentation centrale des mouvements graphiques un peu modifiée chez les Libanais pour s'adapter aux deux directions graphiques. Les raisons pour lesquelles cet accent n'affecte pas l'écriture arabe et française de la même façon, horizontalement pour le français et verticalement pour l'arabe, restent encore mystérieuses actuellement.

Nous avons formulé l'hypothèse qu'en plus des adaptations centrales dans les programmes moteurs, les Libanais pouvaient également avoir recours à une adaptation au niveau périphérique, notamment en changeant la façon dont ils positionnent leur stylo relativement à la feuille de papier. En effet, malgré le peu d'études sur la question, il a été suggéré que l'écriture sinistrophe impose une tenue du stylo différente de l'écriture dextroverse (Sassoun *et coll.*, 1986, 1995), mais cela n'a pas été quantifié précisément.

Nous avons utilisé deux angles, l'orientation et l'inclinaison, qui permettent de décrire la position du stylo dans l'espace. En pratique, la tenue du stylo peut être résumée par son orientation, car nous avons vu que l'inclinaison ne varie pas beaucoup dans les différentes conditions d'écriture que nous avons comparées et donc n'est pas pertinente.

La comparaison que nous avons faite entre les Syriens et les Français l'a confirmé sans ambiguïté : 30° séparent les deux orientations. Les Libanais doivent donc choisir parmi deux stratégies pour écrire : soit une orientation spécifique pour chaque langue, soit une orientation unique compatible avec les deux.

Les résultats ont montré qu'ils adoptent une orientation différente pour les SG, mais que ces deux orientations sont très proches de l'orientation Sud (180°), celle qui est propice à l'écriture arabe et qui est adoptée par les Syriens. Nous en avons conclu que le sens d'écriture de l'arabe est le plus contraignant pour des D et qu'il impose ses contraintes biomécaniques. C'est au français de s'adapter.

Puisque les Libanais écrivent le français avec une position de stylo qui est proche de celle des Syriens et éloignée de celle des Français, cela peut expliquer leur accent arabe. En revanche, comme ils écrivent l'arabe avec la même position que les Syriens, ils ne devraient pas avoir d'accent français : l'allongement vertical de leur écriture arabe ne peut donc pas être expliqué par une cause périphérique. Une cause centrale est plutôt à suspecter.

Cette problématique des deux directions d'écriture et des positions qu'elles impliquent nous a conduits à nous intéresser à la latéralité manuelle. En effet, deux questions peuvent être abordées qui relient latéralité manuelle et bigraphisme : un sens d'écriture est-il plus compatible avec une latéralité manuelle et, si oui, les interférences entre les deux SG sont-elles dépendantes de la main utilisée pour écrire ?

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes intéressés aux G qui constituent une sous-catégorie de la population très souvent exclue des études sur les processus cognitifs car ils sont minoritaires (10 à 15% de la population globale). Or, on étudie de préférence des processus cognitifs encore méconnus avec des sujets qui sont les plus représentatifs de la population, les D, pour les généraliser ensuite à l'ensemble de cette population. Ce n'est souvent que dans un second temps que les études sur la minorité des G sont conduites, pour vérifier si ces processus sont les mêmes ou différents chez eux. Mais pour les questions abordées dans cette thèse, la latéralité manuelle s'avérerait être un facteur pertinent d'un point de vue théorique. En effet, questionner la pratique d'un scripteur D dans les deux sens d'écriture, avec l'idée qu'une direction pourrait être privilégiée pour lui, c'est indirectement questionner la pratique d'un G dans l'autre direction.

Nous avons donc regardé si les D et les G ont une direction d'écriture privilégiée, de gauche à droite pour les D et de droite à gauche pour les G, comme pouvaient le laisser penser des considérations théoriques relatives à la biomécanique des mouvements mis en jeu (van Sommers, 1984 ; Thomassen & Tibosch, 1991 ; Meulenbroek & Thomassen, 1991 ; Thomassen & Meulenbroek, 1998 ; Dounskaïa *et coll.*, 2000). Les résultats indiquent que les D ne sont pas nettement avantagés en français, qu'ils soient Français ou Libanais. Malheureusement, la symétrie de l'approche a été un peu rompue avec les G car nous n'avons pas pu bénéficier d'un groupe suffisant de scripteurs monographes G en arabe. Néanmoins, et de façon très intéressante, car les études sont plus rares dans cette direction d'écriture, les Libanais G ne paraissent pas non plus avantagés dans l'écriture de l'arabe.

Quoi qu'il en soit, nous avons pu montrer que les Libanais G ont aussi un accent arabe quand ils écrivent en français. Cet accent est même plus marqué que celui des Libanais D.

Enfin, comme chez les D, nous avons étudié les orientations du stylo des G pour savoir s'ils adoptent une orientation symétrique de celle des D et si, comme chez les D, cette orientation change quand ils écrivent l'arabe ou le français. Les résultats montrent que les G Libanais ne changent pas l'orientation de leur stylo quand ils écrivent en français et en arabe. En fait, ils adoptent une orientation Sud (180°) qui leur permet d'écrire dans les deux directions sans trop modifier la position de leur stylo.

Finalement, ces observations relatives aux positions de stylo dans ces diverses populations n'ont pas permis d'avoir une idée bien claire des liens entre position du stylo et caractéristiques de la trace écrite. Pour confirmer l'absence de relation fonctionnelle simple entre les deux variables, nous avons vérifié deux points.

D'abord, nous avons mesuré ces variables dans une sous-population de G, les G à posture inversée dont la tenue de stylo est très éloignée de celle des G ordinaires (à position droite). Les résultats indiquent que ces G n'ont pas une écriture qui s'éloigne significativement de celle des G à position droite, ce qui suggère fortement que les changements d'écriture observés chez les Libanais ne sont pas directement attribuables à une éventuelle tenue du stylo différente.

Ensuite, pour rejeter définitivement cette hypothèse interprétative, nous avons cherché si une corrélation existe entre les variables spatiales qui diffèrent chez les Libanais et chez les monographes, la largeur du tracé en français et la hauteur du tracé en arabe et l'orientation du stylo. En fait, aucune corrélation n'a été obtenue dans aucune condition ni chez aucune des populations étudiées.

Conclusion

Les résultats de notre étude ont révélé que des interférences réciproques existent à l'âge adulte entre les SG arabe et latin chez les Libanais, et ceci à des degrés différents en fonction de la latéralité manuelle. Les Libanais ont bien un accent à l'écrit, mais celui-ci est modéré et ne porte que sur des changements marginaux de l'écriture. L'aspect plutôt bénéfique du bigraphisme est avéré chez les adultes D sans qu'il n'y ait un coup important du bigraphisme, comme on aurait pu le supposer. Cependant, il semble présenter un « coût » plus important pour les G qui seraient pénalisés dans l'écriture de l'arabe et du français.

En ce qui concerne les causes de cet accent des bigraphes, on peut conclure avec certitude qu'il n'est pas consécutif à une adaptation de la position du stylo, plus généralement de la main, au niveau périphérique. S'il y a un changement dans la tenue du stylo chez les Libanais et, plus largement, chez tous les scripteurs qu'ils soient bigraphes ou monographes, D ou G, c'est

probablement seulement pour améliorer le « confort » de la situation d'écriture. Les interactions entre les deux SG sont plutôt à rechercher au niveau central et passeraient par une adaptation des commandes motrices envoyées aux muscles concernés pour permettre les mouvements dans les deux directions requises.

Limitations des études présentées

Les études que nous avons réalisées au cours de cette thèse restent préliminaires et devront être confirmées, même si un certain nombre de résultats semblent acquis. En effet, nous avons souhaité avoir d'une part, une plus grande taille d'échantillonnage nous permettant de répondre avec fiabilité aux différentes questions posées, et d'autre part, une diversité de groupes contrôles. En particulier, un groupe de monographes Syriens G manque pour compléter les populations expérimentales et le comparer avec les Libanais G. Toutefois, la pandémie du Covid-19 ainsi que les événements socio-économiques au Liban ont impacté fortement cette réalisation. Même si les G qui écrivent uniquement en arabe ne sont pas très faciles à trouver, cela fait partie des perspectives à court terme de cette thèse.

De plus, les études que nous avons menées ont été effectuées auprès de scripteurs qui continuent à écrire assez fréquemment dans les SG concernés. Ce choix a été effectué afin de limiter les variables parasites dans notre démarche exploratoire sur le bigraphisme. Nous sommes ainsi conscients que ces résultats ne peuvent être généralisés sur l'ensemble des bigraphes libanais. Par conséquent, il serait intéressant d'étudier ultérieurement la présence d'interférences chez des scripteurs qui ont déjà acquis les deux SG mais qui ne les pratiquent plus régulièrement dans leur vie quotidienne.

Finalement, nous avons présenté dans ce travail de thèse une analyse de la production écrite de scripteurs bigraphes à travers l'écriture de 5 mots. Nous souhaitons signaler que le protocole que nous avons fait passer aux scripteurs comportait différentes expériences habituelles (écriture de mots et de phrases en cursif) et inhabituelles (écriture de phrases dans les deux SG, écriture de mots en lettres majuscules et/ ou de lettres isolées, écriture en condition de bloc de mots dans un SG et en condition aléatoire (où on permute les SG aléatoirement)). Ces différentes expériences ont été conçues afin d'explorer les situations dans lesquelles les interférences pourraient se manifester. Toutefois, vu que ces interférences se sont révélées dans les conditions habituelles d'écriture les plus simples (écriture de mots cursifs et semi-cursifs), ceci nous a incité à chercher la cause de leur présence dans ces conditions habituelles d'écriture et d'abandonner dans ce travail leur exploration dans des situations inhabituelles. De ce fait, les huit questions de ce travail ont émané. Les résultats des autres expériences menées feront l'objet de publications ultérieures.

Perspectives

Chez les adultes

Les perspectives à court terme à la suite de cette thèse concernent dans un premier temps les scripteurs adultes. Comme nous l'avons dit précédemment, étudier des G syriens serait un apport conséquent pour interpréter les résultats obtenus.

Par ailleurs, les interférences que nous avons observées apparaissent dans l'écriture de mots, mais nous avons vu qu'elles sont parfois plus nettes pour les mots les plus longs. Nous avons aussi regardé rapidement une des phrases du BHK qui confirme que l'effet est amplifié pour des phrases. Or, cette situation d'écriture de phrases en français et en arabe a été effectuée, mais nous ne l'avons pas exploitée dans ce présent travail. Il sera très pertinent de le faire pour éventuellement mettre en évidence des interactions plus fines.

Enfin, si nous sommes convaincus que les interférences entre les deux SG se produisent au niveau central, ils devraient se traduire par des activations cérébrales distinctes chez les bigraphes quand ils écrivent en français et en arabe. Une étude en neuroimagerie (IRMf), à laquelle nous avons collaboré, a confirmé que les patterns moteurs différaient dans l'écriture des lettres arabes et latines chez des adultes bigraphes. L'analyse des données IRMf recueillies pendant que les participants écrivaient ces lettres a montré que l'écriture des deux SG partageait un réseau cérébral commun, mais que l'arabe entraînait une plus forte activation des régions pariétales supérieures bilatérales et du cervelet droit. Une analyse plus précise en 'Multi-Voxel Pattern Analysis' (MVPA) a confirmé que le codage des deux systèmes d'écriture différait dans les cortex pariétaux supérieur mais également dans plusieurs régions des deux hémisphères, notamment dans les régions somesthésiques gauches, les régions prémotrices droites et visuelles bilatérales (Fabiani *et coll.*, soumis). Ces données confirment que l'apprentissage de deux systèmes d'écriture distincts a des conséquences sur les réseaux cérébraux sensori-moteurs mis en jeu chez l'adulte. On pourrait aussi s'attendre à des différences d'activation des bigraphes relativement aux monographes, en particulier entre les G bigraphes et les G monographes. Cette étude n'a pas encore été réalisée mais fait partie des perspectives à moyen terme.

Chez les enfants

L'étude que nous avons conduite a fourni des réponses innovantes sur la situation du bigraphisme chez les adultes Libanais. La recherche, en plus de son objectif principal qui est d'apporter de nouvelles avancées scientifiques, a pour visée le transfert des résultats obtenus dans la pratique qu'elle soit rééducative ou éducative. Au-delà de leur intérêt scientifique fondamental, nos résultats répondent à des préoccupations cliniques. Ils questionnent aussi la validité du système éducatif existant et ouvrent la voie à de nouvelles hypothèses :

- Des méthodes d'enseignement centré d'une manière explicite sur les aspects morphocinétiques et topocinétiques de l'écriture (en combinant différentes modalités) seraient bénéfiques pour les scripteurs bigraphes, spécifiquement les G. Le fait de permettre à l'enfant de comparer sa production écrite avec le modèle et de lui donner des feedbacks explicites l'aideraient à identifier les différences et comprendre ce qu'il doit corriger. Cet apprentissage explicite améliorerait la métacognition du geste d'écriture dans chaque SG. L'enfant serait par conséquent en mesure d'anticiper ses difficultés lors de la réalisation et de développer des stratégies suite à une auto-évaluation. Ceci lui permettrait de passer à une autorégulation de son apprentissage (Kaiser et coll, 2013).
- Des protocoles de rééducation basées particulièrement sur le regroupement des lettres en fonction de l'isomorphisme des mouvements et aussi sur les aspects visuo-perceptif/attentionnel et tactilo-kinesthésique amélioreraient l'écriture des scripteurs G. Le regroupement des lettres en fonction de l'isomorphisme des mouvements faciliterait la mise en place des patrons de coordinations (Benbow, 1995, cité par Kaiser, 2009). L'aspect visuo-perceptif/attentionnel aiderait les enfants à organiser leur perception et à mieux orienter leur attention sur les détails et leurs agencements spatiaux. Ceci pourrait impacter positivement les représentations mentales des lettres et par conséquent leurs programmes moteurs. De plus, la variation des paramètres d'amplitude du mouvement (en demandant à l'enfant d'écrire de petites ou de grandes lettres en fonction de l'espace graphique donné) lui permettrait de mieux contrôler l'aspect spatial de son écriture. Et enfin, l'entraînement tactilo-kinesthésique améliorerait l'intégration des programmes moteurs vu que dans la modalité haptique, l'information prélevée est spécifiquement liée au mouvement d'écriture.

Nous avons mis en évidence que les interférences réciproques sont minimales chez les bigraphes adultes. Cependant, nous ne pouvons pas affirmer qu'elles le sont aussi chez les enfants. Il nous semble important d'effectuer ces mêmes études auprès d'enfants qui apprennent simultanément les SG arabe et latin, dans le but de connaître l'âge d'apparition de ces interférences et leur évolution en fonction des années d'apprentissage et de pratique des deux écritures. Asselborn *et coll.* (2021) ont étudié l'impact du SG cyrillique sur le SG latin chez des enfants scolarisés de CE1 jusqu'au CM2. Cette étude montre que certaines interférences étaient constantes dans toutes les classes, reflétant des différences intrinsèques dans la dynamique de chaque système graphique, alors que d'autres ont disparu ou ont diminué d'une année à l'autre. Ceci nous laisse supposer qu'il pourrait en être de même pour les enfants Libanais. Des interférences plus accentuées ou touchant d'autres aspects de l'écriture (notamment cinématique et temporel) pourraient même être mises en relief chez eux, car ils apprennent deux directions d'écriture opposées, donc des dynamiques de coordination différentes, ce qui n'est pas le cas du cyrillique et du latin qu'ont comparé ces auteurs.

De plus, on sait que les adultes ont déjà automatisé leur geste d'écriture, nécessitant par conséquent une implication minime des ressources cognitives. D'ailleurs, on sait aussi qu'ils possèdent des ressources suffisantes de mémoire de travail leur permettant de gérer simultanément plusieurs contraintes relatives au processus d'écriture (McCutchen, 1988, cité dans Olive & Piolat, 2005). Mais, ceci n'est pas le cas pour les enfants en bas âge : de longues années d'entraînement à l'écriture sont nécessaires avant que leurs gestes graphiques ne soient automatisés. A cause de leurs capacités réduites au niveau de la mémoire de travail, ils pourraient présenter des difficultés à gérer des contraintes simultanées lors de la production de l'écriture. On peut donc supposer que l'apprentissage concomitant de deux SG pourrait entraîner une surcharge cognitive chez l'enfant car cette quantité limitée de ressources de mémoire de travail sera répartie entre les différents traitements et le stockage à court terme des représentations pendant les traitements (Olive & Piolat, 2005). Cette surcharge jouerait probablement un rôle important dans la manifestation des interférences. Les erreurs observées chez des enfants bigraphes en début d'apprentissage au niveau de la direction du tracé et du sens de rotation des lettres ont été interprétées par Ghantous-Faddoul (2021) comme résultant du coût cognitif de l'apprentissage simultané de deux SG et l'auteure suppose également que ceci pourrait constituer un effet propre à l'interférence de l'écriture arabe sur l'écriture latine. En outre, ces interférences pourraient se présenter à ce moment, non pas seulement au niveau des aspects spatiaux de l'écriture, mais peut être au niveau des aspects plus élevés sur le plan cognitif comme par exemple les représentations orthographiques.

Ainsi, le même protocole appliqué auprès d'enfants nous donnera sans doute des réponses qui pourront éclairer la démarche éducative et rééducative dans l'apprentissage de l'écriture et sa rééducation chez les enfants bigraphes. En effet, lors de notre pratique professionnelle, nous observons fréquemment en début d'apprentissage des confusions au niveau de la direction de l'écriture entre le français et l'arabe qui se manifestent par une écriture en miroir ou bien des erreurs dans l'ordre des séquences des traits constituant la lettre. Ceci a été également rapporté dans l'étude de Ghantous-Faddoul (2021) menée auprès d'enfants bigraphes en début d'apprentissage simultané de l'écriture. Un nombre important d'enfants en classe de PS2 ont recopié des mots français en commençant de la droite vers la gauche. Chez les enfants à développement typique, ces confusions sont rapidement dépassées si on leur donne des indications sur le point de démarrage du trait et le sens de la progression de la lettre. Néanmoins, ceci reste problématique pour les enfants présentant des difficultés d'apprentissage. Nous avons remarqué également que les enfants G en difficulté prennent plus de temps que les enfants D dans la récupération.

Une étude sur l'accent graphique chez les enfants a été esquissée il y a quelques années au Liban. Des enfants libanais apprenant l'arabe en même temps que le français (en écriture cursive) ou l'anglais (en écriture scripte) ont été comparés sur leur écriture arabe. Quand on leur demandait d'écrire des mots arabes, ils présentaient un accent français ou un accent anglais à l'écrit et ces

deux accents différaient car l'écriture anglaise était apprise en lettres scriptes alors que l'apprentissage du français était réalisé en cursive (Mansour, 2015). Une comparaison avec des enfants français de même niveau scolaire est en cours.

En dernier lieu, à l'instar des études effectuées sur le bilinguisme, il semble que le type d'acquisition (simultané vs consécutif) est un facteur qui peut agir sur l'interférence. Ainsi, afin d'affiner l'étude des interférences, il s'avère important qu'un apprentissage simultané de deux SG soit comparé à un apprentissage successif. Cette comparaison nous renseignerait davantage sur l'impact des acquis antérieurs. Toutefois, ceci n'est pas envisageable dans le contexte culturel libanais où l'apprentissage des deux SG se fait obligatoirement en simultané, mais ce pourrait être réalisable auprès d'une population d'immigrants monoglyphes qui apprendrait un nouveau SG dans le pays d'accueil.

Ces nouvelles hypothèses mériteraient d'être étudiées dans les années à venir.

Bibliographie

- Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), 111–150.
- Adesope, O. O., Lavin, T., Thompson, T., & Ungerleider, C. (2010). A systematic review and meta-analysis of the cognitive correlates of bilingualism. *Review of Educational Research*, 80(2), 207–245. Repéré de <https://doi.org/10.3102/0034654310368803>
- Alary, L., & Brun, G. (2017). Chapitre 1. Une approche située des atypies langagières : éléments pour un dialogue entre l'orthophonie et la philosophie. Dans : Caroline Bogliotti éd., *Atypies langagières de l'enfance à l'âge adulte : Apports de la psycholinguistique et des neurosciences cognitives* (pp. 5-26). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur. Repéré de <https://doi.org/10.3917/dbu.bogli.2017.01.0005>
- Albaret, J. M., Zanone, P. G., & de Castelnau, P. (2000). Une approche dynamique du trouble d'acquisition de la coordination. *ANAE Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*.
- Albaret, J.-M., Kaiser, M.-L., & Soppelsa, R. (2013). *Troubles de l'écriture chez l'enfant. Des modèles à l'intervention*. Bruxelles : De Boeck Solcoll.
- Alhassan, A. (2018). Left-handedness and Stigmatization in Africa: Implications for Parents and Teachers. *Global Journal of Archaeology & Anthropology*, 7. Repéré de <https://doi.org/10.19080/GJAA.2018.07.555713>
- Alkahtani, A. (2013). The influence of right or left handedness on the ability to simulate handwritten signatures and some elements of signatures: A study of Arabic writers. *Science & Justice : Journal of the Forensic Science Society*, 53(2), 159–165. Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2012.02.001>
- Androutsopoulos, J. (2020). Trans-scripting as a multilingual practice: the case of Hellenised English. *International Journal of Multilingualism*, 17(3), 286-308.
- Asselborn, T., Johal, W., Tleubayev, B., Zhexenova, Z., Dillenbourg, P., McBride, C., & Sandygulova, A. (2021). The transferability of handwriting skills: from the Cyrillic to the Latin alphabet. *npj Science of Learning*, 6(1), 1-11.
- Athènes, S., & Guiard, Y. (1991). Is the inverted handwriting posture really so bad for left-handers? *Development of Graphic Skills: Research, Perspectives, and Educational Implications*, Academic Press, London, 137–149.

- Azemar, G. (1975). Plaidoyer pour l'aventure motrice : De la psychomotricité à l'exploration active du milieu. *Esprit* (1940), 446 (5), 769-783.
- Bachner, A. (2016). Cultural Margins, Hybrid Scripts: Bigraphism and Translation in Taiwanese Indigenous Writing. *Journal of World Literature*, 1(2), 226–244. Repéré de <https://doi.org/10.1163/24056480-00102007>
- Bartlett, F. C. (1957). *The mind at Work*. London: George Allen & Unwin.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A. C., Chokron, S., & Degos, J. D. (2002). Visually- and motor-based knowledge of letters: evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia*, 40(8), 1363–1371. Repéré de [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(01\)00209-3](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(01)00209-3)
- Baur, B., Schenk, T., Fürholzer, W., Scheuerecker, J., Marquardt, C., Kerkhoff, G., & Hermsdörfer, J. (2006). Modified pen grip in the treatment of writer's cramp. *Human Movement Science*, 25(4–5), 464–473.
- Bergaigne, Abel. (1882). *Les inscriptions sanscrites du Cambodge : rapport*. Paris: Imprimerie Nationale.
- Bernstein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford, England Pergamon Press.
- Berwick, D. M., & Winickoff, D. E. (1996). The truth about doctors' handwriting: a prospective study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 313(7072), 1657–1658. Repéré de <https://doi.org/10.1136/bmj.313.7072.1657>
- Bialystok, E., Craik, F., & Luk, G. (2008). Cognitive control and lexical access in younger and older bilinguals. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 34(4), 859–873. Repéré de <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.4.859>
- Bischoff, B. (1985). *Paléographie de l'Antiquité romaine et du Moyen Age occidental*. Paris: Picard.
- Blöte, A. W., Zielstra, E. M., & Zoetewey, M. W. (1987). Writing posture and writing movement of children in kindergarten. *Journal of Human Movement Studies*, 13(7), 323–341.
- Boser, L., & Brühwiler, I. (2017). Languages, script and national identity: Struggles over linguistic heterogeneity in Switzerland in the nineteenth and twentieth centuries. *History of Education*, 46(3), 306–323. Repéré de <https://doi.org/10.1080/0046760X.2016.1267267>
- Bourne, V. J. (2008). Examining the relationship between degree of handedness and degree of cerebral lateralization for processing facial emotion. *Neuropsychology*, 22(3), 350. Repéré de <https://doi.org/10.1037/0894-4105.22.3.350>
- Brown, W. S., & Jeeves, M. A. (1993). Bilateral visual field processing and evoked potential interhemispheric transmission time. *Neuropsychologia*, 31(12), 1267-1281.

- Brown, J. S., Knauff, E. B., & Rosenbaum, G. (1948). The accuracy of positioning reactions as a function of their direction and extent. *The American Journal of Psychology*, 61(2), 167–182. Repéré de <https://doi.org/10.2307/1416963>
- Bryson, S.E., & MacDonald, V. (1984). The development of writing posture in left-handed children and its relation to sex and reading skills. *Neuropsychologia*, 22(1), 91-94.
- Bunčić, D., Antipova, A., Brandt, C., Kislova, E., Klöter, H., von Lieven, A., Lippert, S. L., Pasch, H., Rabus, A., Spitzmüller, j., & Weth, C. (2016). *Biscriptality: A Sociolinguistic Typology* (Issue Band 24). Universitätsverlag Winter. Repéré de <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2041085&site=ehost-live>
- Castiello, U., & Stelmach, G. E. (1993). Generalized representation of handwriting: Evidence of effector independence. *Acta Psychologica*, 82(1–3), 53–68.
- Cavallo, G. (1988), “Écriture grecque et écriture latine en situation de ‘multigrafismo assoluto,’ in *L’écriture : Le cerveau, l’œil et la main : Actes du colloque international du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Collège de France, le 2, 3 et 4 mai 1988.*, ed. C. Sirat, J. Irgoin, and E. Poulle (Turnhout, 1990), 349- 362.
- Caymaz, B., & Szurek., E. (2007). La Révolution au pied de la lettre. L’invention de l’alphabet turc. *European Journal of Turkish Studies*, 6.
- Centre de Recherche et de Développement National (CRDP). (1998). تفاصيل محتوى منهج مادة اللغة العربية. Consulté le 11 mars 2022 sur le lien : Repéré de <https://www.crdp.org/studies-and-researches/تفاصيل-محتوى-منهج-مادة-اللغة-العربية-وآدابها>
- Centre de Recherche et de Développement National (CRDP). (2016). *Bulletin Statistique*. 2015-2016. Consulté le 22 mars 2017 sur le lien : Repéré de <https://www.crdp.org/fr/statistics-bulletin/-/النشرة-الاحصائية-للعام-الدراسي-2016-2015>
- Charles, M., Soppelsa, R., & Albaret, J. M. (2003). BHK-Echelle d’évaluation rapide de l’écriture de l’enfant. *Paris : Editions Du Centre de Psychologie Appliquée*.
- Chartrel, E., & Vinter, A. (2004). L’écriture : Une activité longue et complexe à acquérir. [Writing acquisition : A long, complex process.]. *A.N.A.E. Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l’Enfant*, 16(3[78]), 174–180.
- Chokron, S., & De Agostini, M. (1995). Reading habits and line bisection: A developmental approach. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 3(1), 51–58. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00018-6](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00018-6)
- Contreras-Vidal, J. L., Teulings, H., & Stelmach, G. (1998). Elderly subjects are impaired in spatial coordination in fine motor control. *Acta Psychologica*, 100(1–2), 25–35.

- Cook, V. (2005). Written language and foreign language teaching. *Second language writing systems*, 424-441.
- Corbetta, D., Williams, J., & Snapp-Childs, W. (2006). Plasticity in the development of handedness: Evidence from normal development and early asymmetric brain injury. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 48(6), 460-471.
- Cornell, J. M. (1985). Spontaneous mirror-writing in children. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 39(1), 174-179. Repéré de <https://doi.org/10.1037/h0080122>
- Crivello, C., Kuzyk, O., Rodrigues, M., Friend, M., Zesiger, P., & Poulin-Dubois, D. (2016). The effects of bilingual growth on toddlers' executive function. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 121–132. Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.08.004>
- Crystal, D. (1999). *The Penguin dictionary of language*. London : Penguin.
- Cubelli, R., & Della Sala, S. (2009). Mirror writing in pre-school children: a pilot study. *Cognitive Processing*, 10(2), 101-104. Repéré de <https://doi.org/10.1007/s10339-008-0233-z>
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D., & Segui, J. (1989). Limits on bilingualism. *Nature*, 340(6230), 229–230.
- Danna J, Athènes S, & Zanone PG. (2011). Coordination dynamics of elliptic shape drawing: Effects of orientation and eccentricity. *Human Movement Science*, 30(4), 698–710.
- Danna, J. (2011). *Dynamique de coordination dans la formation de la trace écrite chez l'adulte et l'enfant* [PhD Thesis]. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- Danna, J., Paz-Villagrán, V., & Velay, J.-L. (2013). Signal-to-Noise velocity peaks difference: A new method for evaluating the handwriting movement fluency in children with dysgraphia. *Research in Developmental Disabilities*, 34(12), 4375–4384. Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.09.012>
- Danna, J., Fabiani, E., Gilhodes, J.C., Velay, J.-L., & Longcamp, M. (soumis). Traiter des données de langage écrit recueillies avec tablette graphique. In: Solier, C., Soulier, L., Mendez, R., & Ezzedine, N. (Eds). *Traiter et analyser des données en Sciences du Langage*.
- de Agostini, M., & Chokron, S. (2002). The influence of handedness on profile and line drawing directionality in children, young, and older normal adults. *Brain and Cognition*, 48(2–3), 333–336. Repéré de <https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1372>
- Debyser, F. (1970). La linguistique contrastive et les interférences. *Langue Française*, 8, 31–61.
- DeFrancis, J. (1984). Digraphia. *Word*, 35(1), 59–66.

- Dehaene, S. (2007). *Neurones de la lecture (Les) : La nouvelle science de la lecture et de son apprentissage*. Odile jacob.
- de Kerckhove, D., & Baudin, F. (1988). Dominances cérébrales et systèmes d'écritures. *Communication & Langages*, 75(1), 5–23. Repéré de <https://doi.org/10.3406/colan.1988.1018>
- Della Sala, S., & Cubelli, R. (2007). « Directional apraxia »: a unitary account of mirror writing following brain injury or as found in normal young children. *Journal of Neuropsychology*, 1, 3-26.
- Dennis, J. L., & Swinth, Y. (2001). Pencil grasp and children's handwriting legibility during different-length writing tasks. *The American Journal of Occupational Therapy*, 55(2), 175–183. Repéré de <https://doi.org/10.5014/ajot.55.2.175>
- di Rodeano, S. E. (2019). Scripts in Contact: Transmission of the First Alphabets. *Grapholinguistics*, 223.
- Dooijes, E. H. (1983). Analysis of handwriting movements. *Acta Psychologica*, 54(1–3), 99–114. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90026-4)
- Dounskaïa, N., Van Gemmert, A. W., & Stelmach, G. E. (2000). Interjoint coordination during handwriting-like movements. *Experimental brain research*, 135(1), 127–140. Repéré de <https://doi.org/10.1007/s002210000495>
- Dreman, S. B. (1974). Directionality trends as a function of handedness and reading and writing habits. *American Journal of Psychology*, 87, 247-253.
- Dreman, S. B. (1977). A review of directionality trends in the horizontal dimension as a function of innate and environmental factors. *The Journal of General Psychology*, 96(1st Half), 125–134. Repéré de <https://doi.org/10.1080/00221309.1977.9920806>
- Durand, J.-M. (1977). Diffusion et pratiques des écritures cunéiformes au Proche-Orient ancien. *CHRISTIN, AM L'Espace et La Lettre. Cahiers Jussieu. Paris : UGE*, 13–59.
- Duverger, J. (2004). Lire, écrire, apprendre en deux langues (ou la naissance d'une association). *Les Actes de Lecture*, 85, pp.47-56.
- Dweik, D. (2000). Linguistic and cultural maintenance among the Chechens of Jordan. *Language, Culture and Curriculum*, 13(2) ,184-195.
- Ebert, K. D., & Kohnert, K. (2016). Language learning impairment in sequential bilingual children. *Language Teaching*, 49(3), 301–338. Repéré de <https://doi.org/10.1017/S0261444816000070>
- Edelman, S., & Flash, T. (1987). A model of handwriting. *Biological Cybernetics*, 57(1), 25–36.

- Elliott, J. M., & Connolly, K. J. (1984). A classification of manipulative hand movements. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 26 (3), 283–296. Repéré de <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1984.tb04445.x>
- Ellis, A. W. (1982). Spelling and writing (and reading and speaking). *Normality and Pathology in Cognitive Functions*, 113–146.
- Ellis, A. W., Young, A. W., & Anderson, C. (1988). Modes of word recognition in the left and right cerebral hemispheres. *Brain and language*, 35(2), 254-273.
- Fagard, J. 2001. *Le développement des habiletés de l'enfant : Coordination bimanuelle et latéralité*. Paris : CNRS Éditions. Repéré de <https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.4855>.
- Fagard, J., & Dahmen, R. (2003). The effects of reading-writing direction on the asymmetry of space perception and directional tendencies: A comparison between French and Tunisian children. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 8(1), 39–52.
- Farid, M., & Grainger, J. (1996). How Initial Fixation Position Influences Visual Word Recognition: A Comparison of French and Arabic. *Brain and Language*, 53(3), 351–368. Repéré de <https://doi.org/10.1006/BRLN.1996.0053>
- Faure, C. (2006, Septembre). Préférences et variabilité dans les tracés de formes simples. In *Actes du 9ème Colloque International Francophone sur l'Ecrit et le Document* (pp. 163-168). SDN06.
- Fink, P.W., Foo, P., Jirsa, V., & Kelso, J. A. S. (2000). Local and global stabilization of coordination by sensory information. *Experimental Brain Research*, 134, 9-20
- Fischer, M.H, Mills, R. A., & Shaki, S. (2010). How to cook a SNARC: Number placement in text rapidly changes spatial–numerical associations. *Brain and cognition*, 72(3), 333-336.
- Fischer, J-P, & Tazouti, Y. (2012). Unraveling the mystery of mirror writing in typically developing children. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), 193-205. Repéré de <https://doi.org/10.1037/a0025735>
- Fischer, J-P. (2013). Digit reversal in children's writing: A simple theory and its empirical validation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(2), 356-370. Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.02.003>
- Fischer, J-P, & Koch, A.-M. (2016a). Mirror writing in 5- to 6-year-old children: The preferred hand is not the explanation. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 21(1), 34-49. Repéré de <https://doi.org/10.1080/1357650X.2015.1066383>
- Fischer, J-P. (2017a). Character reversal in children: the prominent role of writing direction. *Reading and Writing*, 30(3), 523-542. Repéré de <https://doi.org/10.1007/s11145-016-9688-y>

- Fitts, P. M. (1964). Perceptual-motor skill learning. In *Categories of human learning* (pp. 243–285). Elsevier.
- Flöel, A., Buyx, A., Breitenstein, C., Lohmann, H., & Knecht, S. (2005). Hemispheric lateralization of spatial attention in right-and left-hemispheric language dominance. *Behavioural Brain Research*, 158(2), 269–275.
- Galobardes, B., Bernstein, M. S., & Morabia, A. (1999). The association between switching hand preference and the declining prevalence of left-handedness with age. *Am J Public Health* 89, 1873–1875 (1999).
- Gendrier, M. (2004). *Gestes et mouvements justes*. EDP sciences.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985). Cerebral lateralization. Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 42(5), 428–459. Repéré de <https://doi.org/10.1001/archneur.1985.04060050026008>
- Gesell, A., & Ames, L. B. (1947). The development of handedness. *The Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology*, 70(2), 155-175.
- Ghaleb, H., Nagabhushan, P., & Pal, U. (2015). Segmentation of overlapped handwritten Arabic sub-words. *International Journal of Computer Applications*, 975, 8887.
- Ghantous-Faddoul, S. (2021). Etude de l'impact de différentes modalités d'enseignement de l'écriture et de l'effet d'une technique de stimulation de facteurs psychomoteurs sur l'acte graphique d'enfants âgés entre 4 et 7 ans dans des écoles bilingues au mont-Liban [Thèse de doctorat, non publiée]. Université libanaise, Beyrouth.
- Goldfield, E. C., & Michel, G. F. (1986). The ontogeny of infant bimanual reaching during the first year. *Infant Behavior and Development*, 9(1), 81-89.
- Goodnow, J. J., & Levine, R. A. (1973). "The grammar of action": Sequence and syntax in children's copying. *Cognitive Psychology*, 4(1), 82–98.
- Goodnow, J., Friedman, S. L., Bernbaum, M., & Lehman, E. B. (1973). Direction and sequence in copying: The effect of learning to write in English and Hebrew. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 4(3), 263–282.
- Goodnow, J.J. (1977). *Children drawing*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Grech, H., & McLeod, S. (2012). Multilingual speech and language development and disorders. In *Communication disorders in multicultural and international populations* (pp. 120–140). Elsevier.
- Greer, K. L., & Green, D. W. (1983). Context and motor control in handwriting. *Acta Psychologica*, 54(1–3), 205–215.

- Grossberg, S., & Paine, R. W. (2000). A neural model of cortico-cerebellar interactions during attentive imitation and predictive learning of sequential handwriting movements. *Neural Networks*, 13(8–9), 999–1046.
- Guiard, Y., & Millerat, F. (1984). Writing postures in left-handers: Inverters are hand-crossers. *Neuropsychologia*, 22(4), 535–538. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(84\)90051-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(84)90051-4)
- Guiard, Y., & Athènes, S. (1985). Main droite et main gauche dans l'écriture : La question de la posture " inversée" chez le scripteur gaucher. *Maîtrise du geste et pouvoir de la main chez l'enfant*, Ed. UNICEF, 67–73.
- Habib M., & Robichon F. (2003). Structural correlates of brain asymmetry: studies in left-handed and dyslexic individuals. In: K. Hugdahl & R.J. Davidson, Eds., *The Asymmetrical Brain*, Cambridge (MA) MIT press, pp. 681-716.
- Habib, M. (2009). Développement de la dominance cérébrale : revue des données disponibles et proposition d'une hypothèse originale. *Développements*, (2), 5-26.
- Hallo, W. W. (1979). The expansion of cuneiform literature. *Proceedings of the American Academy for Jewish Research*, 46, 307–322.
- Hambly, H., Wren, Y., McLeod, S., & Roulstone, S. (2013). The influence of bilingualism on speech production: A systematic review. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 48(1), 1–24. Repéré de <https://doi.org/10.1111/j.1460-6984.2012.00178.x>
- Hamers, J. F., & Blanc, M. (1983). *Bilinguisme et bilinguisme*. Mardaga.
- Harkins, D. A., & Užgiris, I. Č. (1991). Hand-use matching between mothers and infants during the first year. *Infant Behavior & Development*, 14(3), 289–298.
Repéré de [https://doi.org/10.1016/0163-6383\(91\)90023-L](https://doi.org/10.1016/0163-6383(91)90023-L)
- Harris, L. J., Almerigi, J. B., Carbary, T. J., & Fogel, T. G. (2001). Left-side infant holding: A test of the hemispheric arousal-attentional hypothesis. *Brain and Cognition*, 46(1-2), 159-165.
- Hatzidaki, A., Branigan, H. P., & Pickering, M. J. (2011). Co-Activation of Syntax in Bilingual Language Production. *Cognitive Psychology*, 62(2), 123–150.
- Heath, R. L., Rouhana, A., & Ghanem, D. A. (2005). Asymmetric bias in perception of facial affect among Roman and Arabic script readers. *Laterality*, 10(1), 51–64.
Repéré de <https://doi.org/10.1080/13576500342000293>
- Hébert, J. F. (1996). *Analyse discriminante et algorithmes génétiques : application en reconnaissance d'écriture cursive*. Université Laval.

- Hegy, O. (1979). Minority and restricted uses of the Arabic alphabet: the aljamiado phenomenon. *Journal of the American Oriental Society*, 262-269.
- Hepper, P. G., Wells, D. L., & Lynch, C. (2005). Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. *Neuropsychologia*, 43(3), 313-315.
- Hollerbach, J. M. (1981). An oscillation theory of handwriting. *Biological Cybernetics*, 39(2), 139-156.
Repéré de <https://doi.org/10.1007/BF00336740>
- Hornberger, N. H., & Skilton-Sylvester, E. (2000). Revisiting the continua of biliteracy: International and critical perspectives. *Language and Education*, 14(2), 96-122.
- Hoyek, S. (2004). Le français dans l'enseignement scolaire et universitaire au Liban. *Cahiers de l'AIEF*, 56(1), 49-56.
- Hulstijn, W., & Galen, G.P. (1988). Levels of Motor Programming in Writing Familiar and Unfamiliar Symbols. *Advances in psychology*, 55, 65-85.
- IDELUX. (2014). *Normes typographiques*. Repéré de [012020 NormesTypo \(idelux.be\)](https://www.idelux.be/012020-NormesTypo)
- Josse, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2004). Hemispheric specialization for language. *Brain Research Reviews*, 44(1), 1-12.
- Kaiser, M.-L. (2009). Facteurs endogènes et exogènes influençant l'écriture manuelle chez l'enfant [Thèse de Doctorat]. Université Toulouse 3. Toulouse.
- Kaiser, M. L., Soppelsa, R., Jordan, G., Michaud, F., & Albaret, J. M. (2013). Principes d'enseignement et de rééducation de l'écriture et de ses troubles. *Troubles de l'écriture chez l'enfant : Des modèles à l'intervention*, 175-205.
- Kandel, S., Orliaguet, J. P., & Viviani, P. (2000). Perceptual anticipation in handwriting: The role of implicit motor competence. *Perception & Psychophysics*, 62(4), 706-716.
- Karlsdottir, R. (1996). Development of cursive handwriting. *Perceptual and Motor Skills*, 82(2), 659-673. Repéré de <https://doi.org/10.2466/pms.1996.82.2.659>
- Kato, C., Isoda, H., Takehara, Y., Matsuo, K., Moriya, T., & Nakai, T. (1999). Involvement of motor cortices in retrieval of kanji studied by functional MRI. *NeuroReport: For Rapid Communication of Neuroscience Research*, 10(6), 1335-1339. Repéré de <https://doi.org/10.1097/00001756-199904260-00033>
- Kebbe, H. (2012). Directionnalité graphique et dominance manuelle : une perspective développementale et interculturelle [Thèse de Doctorat]. Université de Bourgogne. Bourgogne.
- Kebbe, H., & Vinter, A. (2013). How culture, age, and manual dominance affect directionality in drawing side view objects. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 44(1), 160-172.

- Keele, S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70(6, Pt.1), 387-403. Repéré de <https://doi.org/10.1037/h0026739>
- Kellogg, R. T. (1996). A model of working memory in writing. In C. M. Levy & S. Ransdell (Eds.), *The science of writing: Theories, methods, individual differences, and applications* (pp. 57–71). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kelso, J. A. S., Schöner, G., Scholz, J. P., & Haken, H. (1987). Phase-locked modes, phase transitions and component oscillators in biological motion. *Physica Scripta*, 35(1), 79.
- Kelso, J. A. S., & Schöner, G. (1987). Toward a physical (synergetic) theory of biological coordination. In *Lasers and synergetics* (pp. 224-237). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., Ringelstein, E. B., & Henningsen, H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain : A Journal of Neurology*, 123(12), 2512-2518. Repéré de <https://doi.org/10.1093/brain/123.12.2512>
- Kohl, M., Beauquier-Maccotta, B., Bourgeois, M., Clouard, C., Donde, S., Mosser, A., Pinot, P., Rittori, G., Vaivre-Douret, L., & Golse, B. (2008). Bilinguisme et troubles du langage chez l'enfant : Étude rétrospective. *La Psychiatrie de l'enfant*, 51(2), 577–595.
- Koziatek, S. M., & Powell, N. J. (2003). Pencil grips, legibility, and speed of fourth-graders' writing in cursive. *The American Journal of Occupational Therapy*, 57(3), 284–288.
Repéré de <https://doi.org/10.5014/ajot.57.3.284>
- Kroll, J. F., Bobb, S. C., & Wodniecka, Z. (2006). Language Selectivity is the Exception, Not the Rule: Arguments Against a Fixed Locus of Language Selection in Bilingual Speech. *Bilingualism: Language and Cognition*, 9(2), 119-135.
- Kuile- Haller, R. (2001). *Influence of other scripts on Latin handwriting. Problems of Forensic Sciences*. 46(XLVI), 428-431. [46_kuile.pdf \(forensicscience.pl\)](#).
- Lacquaniti, F., Terzuolo, C., & Viviani, P. (1983). The law relating the kinematic and figural aspects of drawing movements. *Acta psychologica*, 54(1-3), 115-130.
- Lacquaniti, F., Ferrigno, G., Pedotti, A., Soechting, J. F., & Terzuolo, C. (1987). Changes in spatial scale in drawing and handwriting: Kinematic contributions by proximal and distal joints. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 7(3), 819–828.
- Lambert, E., & Espéret, E. (1996). Chunking phenomena in novice writers: Changes in lexical unit size, writing speed and pauses all along the first-grade year. *European Writing Conference*, 23–25.
- Lambert, E., & Espéret, E. (1997). Le début du langage écrit : les premières productions graphomotrices. *Arob@se*, 1(2), 1–15.

- Lambert, E., & Espéret, E. (2002). Assemblage des unités traitées par les processus graphomoteurs et orthographiques au début de l'apprentissage de l'écriture. *Revue de Psychologie de l'Éducation*, 6, 76–97.
- Lehman, E. B., & Goodnow, J. (1975). Directionality in copying: Memory, handedness, and alignment effects. *Perceptual and Motor Skills*, 41(3), 863–872.
- Lelivelt, A. B. M., Meulenbroek, R. G. J., & Thomassen, A. J. W. M. (1996). Mapping abstract main axes in handwriting to hand and finger joints. In M. L. Simner, C. G. Leedham, & A. J. W. M. Thomassen (Eds.), *Handwriting and Drawing Research: Basic and Applied Issues* (pp. 29-40). Amsterdam: IOS Press.
- Lieblich, A., Ninio, A., & Kugelmass, S. (1975). Developmental Trends in Directionality of Drawing in Jewish and Arab Israeli Children. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 6(4), 504–511.
Repéré de <https://doi.org/10.1177/002202217564013>
- Longcamp, M., Anton, J. L., Roth, M., & Velay, J. L. (2003). Visual presentation of single letters activates a premotor area involved in writing. *NeuroImage*, 19(4), 1492–1500. Repéré de [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00088-0](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00088-0)
- Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M. T., & Velay, J. L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. *Acta psychologica*, 119(1), 67-79.
- Longcamp, M., Lagarrigue, A., & Velay, J.-L. (2010). Contribution de la motricité graphique à la reconnaissance visuelle des lettres [Contribution of writing movements to visual recognition of letters]. *Psychologie Française*, 55(2), 181–194. Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2010.03.001>
- Longcamp, M., Velay, J.-L., & Kandel, S. (2014). L'écriture : Gestes, lettres, mots, et cerveau. *Lettre Des Neurosciences*, 148(46), 13–15.
- Maarse, F. J., & Thomassen, A. J. (1983). Produced and perceived writing slant: Difference between up and down strokes. *Acta Psychologica*, 54(1-3), 131-147.
Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90028-8](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90028-8)
- Maarse, F. J., Van Galen, G. P., & Thomassen, A. J. (1989). Models for the generation of writing units in handwriting under variation of size, slant, and orientation. *Human Movement Science*, 8(3), 271–288.
- Mansour, M. (2015). Écriture Arabe et Bigraphie : Étude comparative sur l'interférence des écritures scripte et cursive avec l'écriture arabe- Mémoire en vue de l'obtention du master recherche en psychomotricité, Université Saint-Joseph de Beyrouth.

- Margolin, D. I. (1984). The neuropsychology of writing and spelling: Semantic, phonological, motor, and perceptual processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 36(3), 459-489.
Repéré de <https://doi.org/10.1080/14640748408402172>
- Malherbe, M., & Rosenberg, S. (1995). *Les langages de l'humanité : une encyclopédie des 3000 langues parlées dans le monde*. Robert Laffont.
- Martinet, C., & Rieben, L. (2006). Copie de mots, connaissance des lettres et conscience phonémique : Une étude longitudinale chez des enfants de 5 ans. *Éducation et Francophonie*, 34(2), 104–125.
- Matta-Abizeid, C., Tabsh Nakib, A., Younès Harb, C., Ghantous Faddoul, S., & Albaret, J.-M. (2017). Handwriting in Lebanese Bigraphic Children: Standardization of the BHK Scale. *Journal of Occupational Therapy, Schools & Early Intervention*, 10(4), 420–435.
- Matta-Abizeid, C., Younes-Harb, C., Ghantous-Faddoul, S., Najm-Samarani, C., & Albaret, J.-M. (soumis). (n.d.). *Conception and standardization of the Arabic handwriting scale for children (STAKIA) on Lebanese children aged 6 to 12 years*.
- McManus, I. C. (2002). *Right hand, left hand: The origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and cultures*. London, UK/Cambridge, MA: Weidenfeld & Nicolson/Harvard University Press.
- McManus, I.C. (2009). The history and geography of human handedness. *Language Lateralization and Psychosis*. Repéré de <https://doi.org/10.1017/CBO9780511576744.004>
- Medane, H. (2015). L'interférence comme particularité du « français cassé » en Algérie. *TIPA. Travaux Interdisciplinaires Sur La Parole et Le Langage*, 31.
- Meeuwis, M. (2011). Bilingual inequality: Linguistic rights and disenfranchisement in late Belgian colonization. *Journal of Pragmatics*, 43(5), 1279–1287.
Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2010.10.009>
- Meisel, J. M. (2009). Second language acquisition in early childhood. *Zeitschrift Für Sprachwissenschaft*, 28(1), 5–34.
- Menasri, F. (2008). *Contributions à la reconnaissance de l'écriture arabe manuscrite* [Thèse de doctorat]. Université Paris Descartes. Paris.
- Meulenbroek, R. G. J., & van Galen, G. P. (1986). Movement analysis of repetitive writing behaviour of first, second and third grade primary school children. In H. S. R. Kao, G. P. van Galen, & R. Hoosain (Eds.), *Graphonomics: Contemporary research in handwriting* (pp. 71–91). Amsterdam: Elsevier.

- Meulenbroek, R. G. J. (1989). *A study of handwriting production: Educational and developmental aspects*. Nijmegen: NICI, Nijmeegs Instituut voor Cognitie-onderzoek en Informatietechnologie.
- Meulenbroek, R. G.J., & van Galen, G. P. (1989). The production of connecting strokes in cursive writing: Developing co-articulation in 8 to 12-year-old children. In *Computer recognition and human production of handwriting* (pp. 273–286). World Scientific.
- Meulenbroek, R. G., & van Galen, G. P. (1989). Variations in cursive handwriting performance as a function of handedness, hand posture and gender. *A Study of Handwriting Production*, 121.
- Meulenbroek, R. G., & van Galen, G. P. (1990). Perceptual-motor complexity of printed and cursive letters. *The Journal of experimental education*, 58(2), 95-110.
- Meulenbroek, R. G. J., & Thomassen, A. J. W. M. (1991). Stroke-direction preferences in drawing and handwriting. *Human Movement Science*, 10(2), 247–270.
Repéré de [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(91\)90006-J](https://doi.org/10.1016/0167-9457(91)90006-J)
- Meulenbroek, R. G., & Thomassen, A. J. (1992). Effects of handedness and arm position on stroke-direction preferences in drawing. *Psychological Research*, 54(3), 194–201.
- Meulenbroek, R. G., Vinter, A., & Mounoud, P. (1993). Development of the start-rotation principle in circle production. *British Journal of Developmental Psychology*, 11(3), 307–320.
<https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1993.tb00605.x>
- Meyer, A. M. (2019, mars). *Handwriting in contact: Some considerations on the Cyrillic-Latin graphetic accent* [communication]. Colloque Écritures en contact. Pratiques et interférences Scripts in contact. Practices and Interferences, Paris, France.
- Michael, E. B., & Gollan, T. H. (2005). Being and becoming bilingual. *Handbook of Bilingualism: Psycholinguistic Approaches*, 389–407.
- Michel, F. (1971). Etude expérimentale de la vitesse du geste graphique. *Neuropsychologia*, 9(1), 1–13.
- Michel, G. F. (1992). Maternal influences on infant hand-use during play with toys. *Behavior genetics*, 22(2), 163–176. Repéré de <https://doi.org/10.1007/BF01066995>
- Michel, G. F., Tyler, A. N., Ferre, C., & Sheu, C. F. (2006). The manifestation of infant hand-use preferences when reaching for objects during the seven-to thirteen-month age period. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 48(6), 436-443.
- Milenković, S., Paunović, K., & Kocijančić, D. (2016). Laterality in living beings, hand dominance, and cerebral lateralization. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, 144(5-6), 339–344.

- Mohamed, H. (2007). Acquisition d'une langue seconde : Les avantages et les entraves de la langue maternelle chez les bilingues français-arabes/arabes-français. *Synergies Monde Arabe*, 4, 209-226.
- Mojet, J. W. (1991). Characteristics of the developing handwriting skill in elementary education. In J. Wann, A. Wing, & N. Søvik (Eds.), *Development of graphic skills: Research, perspectives and educational implications* (pp. 53–75). London: Academic Press.
- Morin, M.-F., Bara, F., & Alamargot, D. (2017). Apprentissage de la graphomotricité à l'école : Quelles acquisitions ? Quelles pratiques ? Quels outils ? *Scientia Paedagogica Experimentalis*, 54(1–2), 47–84.
- Moscovitch, M., & Smith, L.C. (1979). Differences in Neural Organization Between Individuals with Inverted and Noninverted Handwriting Postures. *Science*, 205(4407), 710-713.
- Nachshon, I., & Alek, M. (1981). The development of directional preferences: cross-cultural differences. *Psychologia*, 24, 86-96.
- Nachshon, I. (1985). Directional preferences in perception of visual stimuli. *The International Journal of Neuroscience*, 25(3–4), 161–174. Repéré de <https://doi.org/10.3109/00207458508985369>
- Nazir, T., Heller, D., & Sussmann, C. 1992. Letter visibility and word recognition: The optimal viewing position in printed words. *Perception & Psychophysics*, 52, 315–328.
- Nga, D. T. Q. (2012). Réflexions sur les interférences dues au contact des langues en expression orale en français chez les étudiants d'anglais à l'Institut Polytechnique de Hanoï. *Synergies Pays Riverains du Mékong*, (4), 13-25.
- Nonaka, T. (2017). Cultural entrainment of motor skill development: Learning to write hiragana in Japanese primary school. *Developmental Psychobiology*, 59(6), 749-766.
- Olive, T., & Piolat, A. (2005). Le rôle de la mémoire de travail dans la production écrite de textes. *Psychologie Française*, 50(3), 373-390. Repéré de <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2005.05.002>
- Olive, T. (2014). Toward a parallel and cascading model of the writing system: A review of research on writing processes coordination. *Journal of Writing Research*, 6, 173–194.
- Orliaguet, J. P., Kandel, S., & Boë, L. J. (1997). Visual perception of motor anticipation in cursive handwriting: Influence of spatial and movement information on the prediction of forthcoming letters. *Perception*, 26(7), 905-912.
- Olleik, Z. (2009). *Les interactions didactiques en classe de français au cycle primaire au Liban Sud : analyse des stratégies verbales et non verbales de l'enseignant* [Thèse de Doctorat]. Université de la Sorbonne nouvelle - Paris III. Repéré de <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01341102/document>.
- Paillard, J. (1976). Espace visuel et programmation motrice. *Cahiers de Psychologie*, 19(3-4), 171-180.

- Palmis, S., Fabiani, E., Danna, J., Habib, M., Velay, J.-L., & Longcamp, M. (2021). Corrélats cérébraux de l'écriture manuscrite chez l'adulte et l'enfant. *ANAE-Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez L'enfant*.
- Paoletti, R. (1999). *Education et motricité : l'enfant de deux à huit ans*. De Boeck Supérieur.
- Papadatou-Pastou, M., Ntolka, E., Schmitz, J., Martin, M., Munafò, M. R., Ocklenburg, S., & Paracchini, S. (2020). Human handedness: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(6), 481–524. Repéré de <https://doi.org/10.1037/bul0000229>
- Paradis, J., Genesee, F., Crago, M. B., & Leonard, L. B. (2011). *Dual language development and disorders: A handbook on bilingualism and second language learning* (2 éd.). Paul H. Brookes.
- Pegado F., Nakamura K., Cohen L., & Deheane S. (2011). « Breaking the symmetry: Mirror discrimination for single letters but not for pictures in the visual word form area ». *Neuroimage*, 55(2), 742-749.
- Peters, M., & Pang, J. (1992). Do 'right-armed' lefthanders have different lateralization of motor control for the proximal and distal musculature? *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 28(3), 391–399. Repéré de [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(13\)80149-9](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(13)80149-9)
- Phelps, J., Stempel, L., & Speck, G. (1985). The Children's Handwriting Scale: A New Diagnostic Tool. *The Journal of Educational Research*, 79(1), 46–50.
Repéré de <https://doi.org/10.1080/00220671.1985.10885646>
- Pick, H. L., & Teulings, H.-L. (1983). Geometric transformations of handwriting as a function of instruction and feedback. *Acta Psychologica*, 54(1–3), 327–340.
Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90044-6](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90044-6)
- Pierides, D. Z. (1875). *On a digraphic inscription found in Larnaca*. Harrison & Sons.
- Plamondon, R. (1993). Looking at handwriting generation from a velocity control perspective. *Acta Psychologica*, 82(1–3), 89–101. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(93\)90006-D](https://doi.org/10.1016/0001-6918(93)90006-D)
- Plamondon, R., & Maarse, F. J. (1989). An evaluation of motor models of handwriting. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 19(5), 1060–1072.
- Pollatsek, A., Bolozky, S., Well, A. D., & Rayner, K. (1981). Asymmetries in the perceptual span for Israeli readers. *Brain and Language*, 14, 174–181.
- Porac, C., & Coren, S. (1981). Sensorimotor Coordination. In *Lateral Preferences and Human Behavior* (pp. 176-191). Springer, New York, NY.
- Portex, M. (2017). La directionnalité de l'écrit : Evolution développementale et contribution au traitement des formes de lettres [Thèse de Doctorat]. Université de Bordeaux. Bordeaux.
[\(NNT : 2017BORD0881\)](#).

- Portex, M., Hélin, C., Ponce, C., & Foulon, J. N. (2018). Dynamics of mirror writing compared to conventional writing in typical preliterate children. *Reading and Writing*, 31(6), 1435-1448.
- Portier, S. J., van Galen, G. P., & Meulenbroek, R. G. (1990). Practice and the dynamics of handwriting performance: Evidence for a shift of motor programming load. *Journal of Motor Behavior*, 22(4), 474–492. Repéré de <https://doi.org/10.1080/00222895.1990.10735524>
- Pujol, J., Deus, J., Losilla, J. M., & Capdevila, A. (1999). Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. *Neurology*, 52(5), 1038–1043.
Repéré de <https://doi.org/10.1212/wnl.52.5.1038>
- Rasmussen, T., & Milner, B. (1977). The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 299, 355-369.
- Reed, G. F., & Smith, A. C. (1961). Laterality and directional preferences in a simple perceptual-motor task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 13(2), 122–124.
- Rogers, D., & Found, B. (1996). The objective measurement of spatial invariance in handwriting. In M. L. Simner, C. G. Leedham, & A. J. W. M. Thomassen (Eds.), *Handwriting and drawing research: Basic and applied issues* (pp. 3–13). Amsterdam: IOS press
- Roman, G., & Pavard, B. (1987). A comparative study: How we read in Arabic and French. In *Eye movements from physiology to cognition* (pp. 431-440). Elsevier.
- Roux, P. (2002). Un dispositif français de formation au Liban : L'Institut de formation des maîtres de Beyrouth. *Université de Provence*, 3.
- Sadat, J., Martin, C. D., Alario, F. X., & Costa, A. (2012). Characterizing the bilingual disadvantage in noun phrase production. *Journal of Psycholinguistic Research*, 41(3), 159–179.
Repéré de <https://doi.org/10.1007/s10936-011-9183-1>
- Sallagoity, I., Athènes, S., Zanone, P.-G., & Albaret, J.-M. (2004). Stability of coordination patterns in handwriting: Effects of speed and hand. *Motor Control*, 8(4), 405–421.
Repéré de <https://doi.org/10.1123/mcj.8.4.405>
- Sassoon, R., Nimmo-Smith, I., & Wing, A. M. (1986). An analysis of children's penholds. In *Advances in Psychology* (Vol. 37, pp. 93-106). North-Holland.
- Sassoon, R. (1995). *The acquisition of a second writing system*. Intellect Books. [The acquisition of a second writing system: Sassoon, Rosemary: Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive.](#)

- Schaafsma, S. M., Riedstra, B. J., Pfannkuche, K. A., Bouma, A., & Groothuis, T. G. G. (2009). Epigenesis of behavioural lateralization in humans and other animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1519), 915-927.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82(4), 225–260. Repéré de <https://doi.org/10.1037/h0076770>
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schomaker, L. R., & Plamondon, R. (1990). The relation between pen force and pen-point kinematics in handwriting. *Biological Cybernetics*, 63(4), 277–289.
- Schöner, G., & Kelso, J. A. S. (1988). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. *Biological cybernetics*, 58(2), 71-80.
- Schot, G. D. (2007). Mirror writing: neurological reflections on an unusual phenomenon. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 78(1), 5–13. Repéré de <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2006.094870>
- Schwellnus, H., Carnahan, H., Kushki, A., Polatajko, H., Missiuna, C., & Chau, T. (2012). Effect of pencil grasp on the speed and legibility of handwriting in children. *The American Journal of Occupational Therapy*, 66(6), 718–726. Repéré de <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004515>
- Shah, L. J. & Gladson, B. L. (2015). *The Relationship of Pencil Grasp on College Students' Handwriting Speed and Legibility*. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*, 8(2), 180–191. doi: [10.1080/19411243.2015.1040673](https://doi.org/10.1080/19411243.2015.1040673)
- Shimrat, N. (1973). The impact of laterality and cultural background on the development of writing skills. *Neuropsychologia*, 11(2), 239–242. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(73\)90014-6](https://doi.org/10.1016/0028-3932(73)90014-6)
- Simner, M. L. (1984). The grammar of action and reversal errors in children's printing. *Developmental Psychology*, 20(1), 136.
- Simner, M. L. (1981). The grammar of action and children's printing. *Developmental Psychology*, 17(6), 866.
- Sirat, C. (1994). Handwriting and the writing hand. In *Writing systems and cognition* (pp. 375-460). Springer, Dordrecht.
- Sirat, C. (1987). La morphologie humaine et la direction des écritures. *Comptes Rendus Des Séances de l'Académie Des Inscriptions et Belles-Lettres*, 131(1), 7–56.
- Sirat, C. (1988). The material conditions of the lateralization of the ductus. In *the Alphabet and the Brain* (pp. 173–201). Springer.

- Sirat, C. (2013). Handwriting and the writing hand. In W. C. Watt (Éd.), *Writing systems and cognition: Perspectives from psychology, physiology, linguistics, and semiotics*, (pp 375-460). Springer Science & Business Media.
- Smethurst, C. J., & Carson, R. G. (2001). The acquisition of movement skills: practice enhances the dynamic stability of bimanual coordination. *Human movement science*, 20, 499-529.
- Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2013). *BHK-Ado*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Steenhuis, R. E., & Bryden, M. P. (1989). Different dimensions of hand preference that relate to skilled and unskilled activities. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 25(2), 289–304. Repéré de [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(89\)80044-9](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(89)80044-9)
- Stelmach, G. E., & Teulings, H.-L. (1983). Response characteristics of prepared and restructured handwriting. *Acta Psychologica*, 54(1–3), 51–67.
- Sternberg, S., Monsell, S., Knoll, R. L., & Wright, C. E. (1978). The latency and duration of rapid movement sequences: Comparisons of speech and typewriting. In *Information processing in motor control and learning* (pp. 117–152). Elsevier.
- Strnad, W. (2018). Incipient Musings on Theory and Formation of Modern Korean Digraphia. *Investigationes Linguisticae*, 40, 25-48.
- Szeligo, F., Brazier, B., & Houston, J. (2003). Adaptations of writing posture in response to task demands for left- and right-handers. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 8:3, 261-276. Repéré de <http://dx.doi.org/10.1080/13576500244000193>
- Tankle, R. S., & Heilman, K. M. (1983). Mirror writing in right-handers and in left-handers. *Brain and Language*, 19(1), 115-123.
- Tashiro, K., Matsumoto, A., Hamada, T., & Moriwaka, F. (1987). The aetiology of mirror writing: a new hypothesis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 50(12), 1572-1578.
- Teulings, H.-L., Thomassen, A. J., & van Galen, G. P. (1983). Preparation of partly precued handwriting movements: The size of movement units in handwriting. *Acta Psychologica*, 54(1–3), 165–177.
- Teulings, H.-L., Mullins, P. A., & Stelmach, G. E. (1986). The elementary units of programming in handwriting. In *Advances in Psychology* (Vol. 37, pp. 21–32). Elsevier.
- Teulings, H.-L., Thomassen, A., & Maarse, F. (1989). A description of handwriting in terms of main axes. In *Computer recognition and human production of handwriting*. (pp. 193–211). Repéré de https://doi.org/10.1142/9789814434195_0014

- Teulings, H. L., & Schomaker, L. R. (1993). Invariant properties between stroke features in handwriting. *Acta Psychologica*, 82(1-3), 69-88. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(93\)90005-c](https://doi.org/10.1016/0001-6918(93)90005-c)
- Teulings, H.-L. (1996). Handwriting movement control. In *Handbook of perception and action* (Vol. 2, pp. 561-613). Elsevier.
- Thomassen, A. J., & Teulings, H. L. (1983). Constancy in stationary and progressive handwriting. *Acta Psychologica*, 54(1-3), 179-196.
- Thomassen, A., van Galen, G. P., Keuss, P. J. G., & Grootveld, C. C. (1984). *Motor aspects of handwriting: Approaches to movement in graphic behavior*. North Holland.
- Thomassen, A. J., & Teulings, H.-L. (1985). Time, size and shape in handwriting: Exploring spatio-temporal relationships at different levels. In *Time, mind, and behavior* (pp. 253-263). Springer.
- Thomassen, A. J., & Schomaker, L. R. (1986a). Between-letter context effects in handwriting trajectories. In *Advances in Psychology* (Vol. 37, pp. 253-272). Elsevier.
- Thomassen, A. J., & Tibosch, H. J. (1991). A quantitative model of graphic production. In *Tutorials in motor neuroscience* (pp. 269-281). Springer.
- Thomassen, A. J., & Meulenbroek, R. G. (1993). Effects of manipulating horizontal progression in handwriting. *Acta psychologica*, 82(1-3), 329-352.
- Thomassen, A. J. W. M., Meulenbroek, R. G. J., & Lelivelt, A. B. M. (1994). Multiple adaptations to externally controlled progression velocity in handwriting. *Advances in Handwriting and Drawing: A Multidisciplinary Approach*. Europia, Paris, 313-331.
- Thomassen, A., Meulenbroek, R. G., Schillings, J. J., & Steenbergen, B. (1996). Adaptive shifts in hand-finger coordination during handwriting across the page. *Handwriting and Drawing Research: Basic and Applied Issues*. IOS Press, Amsterdam, 15-27.
- Thomassen, A. J., & Meulenbroek, R. G. (1997). Do we need an encompassing speed/accuracy trade-off theory? *Behavioral and Brain Sciences*, 20(2), 322-323.
- Thomassen, A. J., & Meulenbroek, R. G. (1998). Low-frequency periodicity in the coordination of progressive handwriting. *Acta Psychologica*, 100(1-2), 133-144.
Repéré de [https://doi.org/10.1016/s0001-6918\(98\)00030-4](https://doi.org/10.1016/s0001-6918(98)00030-4)
- Thon, B. (1999). Approche comportementale et cognitive de la motricité humaine : concepts, méthodes et modèles. Albaret, JM, Soppelsa, R, *Précis de rééducation de la motricité manuelle*. Collection psychomotricité, Ed. Solal. Marseille, 15-28.
- Thoulon-Page, C. (2001). *La rééducation de l'écriture de l'enfant*. Paris : Masson.

- Tounis, N. (2019). Le Script Arabe dans les technologies du Web. Ecole Mohammadia d'ingénieurs. [Le script Arabe et les défis pour les nouvelles technologies : Etat de l'art dans les standards et questions. \(emi.ac.ma\)](http://emi.ac.ma)
- Treiman, R., & Kessler, B. (2011). Similarities Among the Shapes of Writing and Their Effects on Learning. *Written Language and Literacy*, 14(1), 39–57. Repéré de <https://doi.org/10.1075/wll.14.1.03tre>
- Tucha, O., Aschenbrenner, S., & Lange, K. W. (2000). Mirror writing and handedness. *Brain and Language*, 73(3), 432–441.
- Usanova, I. (2019). *Biscriptuality: Writing Skills Among German-Russian Adolescents* (Vol. 8). John Benjamins Publishing Company. Repéré de <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1993238&site=ehost-live>
- Vaivre-Douret, L., Lopez, C., Dutruel, A., & Vaivre, S. (2021). Phenotyping features in the genesis of pre-scriptural gestures in children to assess handwriting developmental levels. *Scientific Reports*, 11(1), 1–13. Repéré de <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79315-w>
- van der Plaats, R. E., & van Galen, G. P. (1991). Allographic variability in adult handwriting. *Human Movement Science*, 10(2–3), 291–300.
- van Emmerik, R. E. A., & Newell, K. M. (1989). The relationship between pen-point and joint kinematics in handwriting and drawing. In *Computer recognition and human production of handwriting* (pp. 231–248). World Scientific.
- van Galen, G. P., & Teulings, H.-L. (1983). The independent monitoring of form and scale factors in handwriting. *Acta Psychologica*, 54(1-3), 9–22. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90020-3](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90020-3)
- van Galen, G. P. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, 10(2–3), 165–191.
- van Galen, G. P., Portier, S. J., Smits-Engelsman, B. C. M., & Shomaker, L. R. B. (1993). Neuromotor noise and poor handwriting in children. *Acta Psychologica*, 82, 161–178.
- van Sommers, P. (1984). *Drawing and cognition: Descriptive and experimental studies of graphic production processes*. Cambridge University Press.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. The MIT Press.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : Sciences cognitives et expérience humaine*. Editions du Seuil.

- Velay, J., Longcamp, M., & Zerbato-Poudou, M. 2005. Chapitre 13. Apprendre à écrire les lettres pour mieux les reconnaître. In Thinus-Blanc, C., & Bullier, J. (Eds.), *Agir dans l'espace. Éditions de la Maison des sciences de l'homme*. Repéré de <http://books.openedition.org/editionsmsmh/7196>
- Viviani, P., & Terzuolo, C. (1980). Space-time invariance in learned motor skills. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in Motor Behavior* (pp. 525-533). Amsterdam: North-Holland.
- Viviani, P., & Terzuolo, C. (1982). Trajectory determines movement dynamics. *Neuroscience*, 7(2), 431–437. Repéré de [https://doi.org/10.1016/0306-4522\(82\)90277-9](https://doi.org/10.1016/0306-4522(82)90277-9).
- Viviani, P. (1983). The organization of movement hand-writing and typing. *Language Production*, 2.
- Viviani, P., & Laissard, G. (1991). Timing control in motor sequences. In *Advances in psychology* (Vol. 81, pp. 1–36). Elsevier.
- Viviani, P. (1994). Les habiletés motrices. In M. Richelle, J. Requin, M. Robert (Eds), *Traité de Psychologie Expérimentale*, (pp 777-858), Paris, P.U.F.
- Viviani, P., & Flash, T. (1995a). Minimum-jerk, two-thirds power law, and isochrony: Converging approaches to movement planning. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 21(1), 32–53. Repéré de <https://doi.org/10.1037//0096-1523.21.1.32>
- Viviani, P. (1998). La production du geste : Pleins et déliés. *Sciences et Vie (Numéro Spécial), Le Cerveau et Le Mouvement*, 204, 38–47.
- Vinter, A., & Zesiger, P. (2008). L'activité d'écriture : Acquisition, évaluation et troubles. *Psychologie Du Développement et de l'éducation. Paris, France : IED*.
- Vlachos, F., & Bonoti, F. (2004). Handedness and writing performance. *Perceptual and Motor Skills*, 98(3 Pt 1), 815–824. Repéré de <https://doi.org/10.2466/pms.98.3.815-824>
- Wang, X. D. (1992). Mirror writing of Chinese characters in children and neurologic patients. *Chinese Medical Journal*, 105(4), 306-311.
- Wing, A. M. (1978). Response timing in handwriting. In *Information processing in motor control and learning* (pp. 153-172). Academic Press.
- Wing, A. M. (1980). The height of handwriting. *Acta Psychologica*, 46(2), 141–151.
- Wing, A. M., Nimmo-Smith, I., & Eldridge, M. A. (1983). The consistency of cursive letter formations as a function of position in the word. *Acta Psychologica*, 54, 197-204.
- Wong, T. H. & Kao, H. S. R (1991). The development of drawing principles in Chinese. *Academic Press Limited. British Journal of Developmental Psychology*, 24, 529-545.

- Wright, C. E. (1990). Generalized motor programs: Reexamining claims of effector independence in writing. In M. Jeannerod (Ed.), *Attention and performance 13: Motor representation and control* (pp. 294–320). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Yoshiaki, N. (1980). Developmental change in motor organization: covert principles for the organization of strokes in children's drawing. *Tohoku Psychologica Folia*, 39(1-4), 17-23.
- Younes, C., Matta Abizeid, C., Albaret, J.-M., & Velay, J.L. (2016). Étude comportementale de l'écriture chez des sujets adultes dans le cadre du bigraphisme. *Les entretiens de psychomotricité*, (pp. 52–58).
- Younes, C. (2016). L'écriture sous ses multiples facettes : Développement et moyens d'interventions. Université Saint-Joseph de Beyrouth.
- Younes, C., Matta Abizeid, C., Albaret, J.-M., & Velay, J. L. (2018). Studying handwriting in a bilingual and bigraphic Arabic-French setting. *ANAE - Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l'Enfant*, 30, 209–216.
- Zanone, P. G., & Kelso, J. A. S. (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: Nonequilibrium phase transition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 403-421.
- Zesiger, P., Mounoud, P., & Hauert, C.-A. (1993). Effects of lexicality and trigram frequency on handwriting production in children and adults. *Acta Psychologica*, 82(1-3), 353–365.
Repéré de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(93\)90020-R](https://doi.org/10.1016/0001-6918(93)90020-R)
- Zesiger, P. (1995). *Ecrire : Approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. FeniXX.
- Zesiger, P. (2003). Acquisition et troubles de l'écriture. *Enfance*, 55(1), 56-64.
- Zima, P. (1974). Digraphia: The case of Hausa. *Linguistics: An Interdisciplinary Journal of the Language Sciences*, 124. 57–69.
- Ziviani, J. (1983). Qualitative changes in dynamic tripod grip between seven and 14 years of age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 25(6), 778–782.
Repéré de <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1983.tb13846.x>
- Ziviani, J., & Watson-Will, A. (1998). Writing speed and legibility of 7–14-year-old school students using modern cursive script. *Australian Occupational Therapy Journal*, 45(2), 59–64. Repéré de <https://doi.org/10.1111/j.1440-1630.1998.tb00783.x>
- Ziviani, J. M., & Wallen, M. (2006). *The Development of Graphomotor Skills*. Hand Function in the Child: Foundations for Remediation. Edited by A. Henderson and C. Pehoski. Philadelphia, USA: Mosby Elsevier. 217-236. Repéré de <https://doi.org/10.1016/B978-032303186-8.50014-9>

Annexes

Annexe A: : Exemple de l'Échelle d'évaluation rapide de l'écriture BHK-ado réalisée par un participant Libanais droitier

Il fait très beau
je suis bien.
je vois de l'eau
mais je ne sais pas
où elle va

L'eau venait au les côtés, avec une grande
force. Des enfants étaient près de moi. Le plus petit,
donnait ses affaires à une femme.

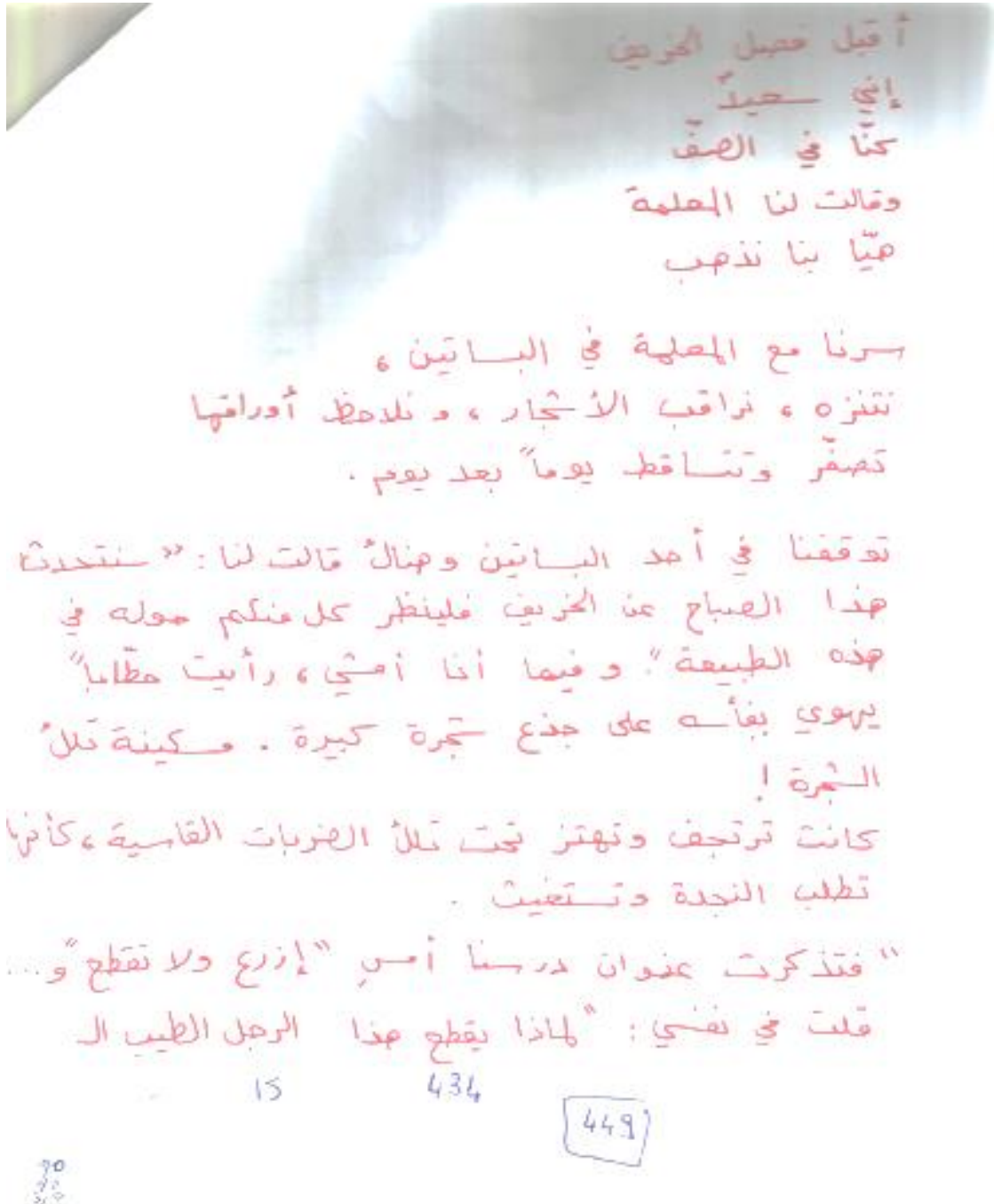
Cette femme, qui était grande et belle, devait être une
amie. Elle lui avait pris la main, et je les voyais
aller vers une place: la plus belle de notre ville! Un
des enfants, donnait des choses à un autre; mais, je
ne savais pas ce que c'était.

J'étais trop loin; alors je me dirigeais doucement
vers eux, pour mieux voir. Un des enfants me
regardait. Il me fit signe de venir, avec lui, dans le
groupe.⁶ 464 27

J'entendais des rires et des paroles joyeuses. J'étais
content 21 32

530

Annexe B: Exemple du Soullam Takyim Al Katiba Al Arabiya-STAKIA
réalisée par un participant Libanais droitier



Annexe C: Questionnaire adressé aux participants Libanais concernant leurs habitudes d'écriture de l'arabe et du français

Nom : Prénom :

Sexe : M ☐ F ☐ Année de naissance.....Age :

Dominance latérale :

- Usuelle : D ☐ G ☐
- De préférence : D ☐ G ☐

Acuité visuelle :

- Problèmes visuels : Non ☐ oui ☐ précisez :
- Port de lunettes : Non ☐ oui ☐

Aspect médical et paramédical :

- Maladie neurodégénérative : Non ☐ oui ☐ précisez :
- Difficultés graphiques en bas âge : Non ☐ oui ☐ précisez :
- Prises en charge antérieures : Non ☐ oui ☐ précisez :
- Prises en charge actuelle : Non ☐ oui ☐ précisez :

Aspect linguistique :

- Langue parlée :
 - Maternelle :
 - Etudiée :Age d'acquisition :
- Langues écrites :
 - Français : Age d'acquisition :
 - Arabe : Age d'acquisition :
 - Autre langue : Age d'acquisition :
 - Apprentissage simultané ☐ Apprentissage consécutif ☐

Profession :

- Employé ☐ Précisez : Etudiant ☐
- Année d'étude :Niveau :
Spécialisation :

Situation linguistique/ étudiant

- Quel est le nombre de matières dans lesquelles vous écrivez :
 - L'arabe :
 - Le français :
- Quelle est approximativement la fréquence d'inscription (jours/ semaine) :

- En arabe :En français :
- Quelle est approximativement la quantité d'inscription (pages/ semaine) :
 - En arabe :En français :

Situation linguistique/ professionnel

- Est-ce que vous exercez une activité professionnelle qui vous oblige d'écrire manuscritement ? non ☐ oui ☐ ; Si oui, quelle langue utilisez-vous ?.....
- Quelle est approximativement la fréquence d'inscription (jours/ semaine) :
 - En français :En arabe :
- Quelle est approximativement la quantité d'inscription (pages/ semaine) :
 - En français :En arabe :

Vie personnelle

- Quelle langue parlez-vous avec votre famille ?.....
- Quelle langue utilisez-vous pour s'exprimer personnellement (notes, messages, écrits...) ?.....
- Mélangez- vous deux langues quand vous écrivez spontanément ? oui ☐ non ☐

Que pensez-vous de votre qualité d'écriture ?

- En français :
- En arabe :

Etes-vous motivés pour écrire :

- En français :
- En arabe :

Nous vous remercions pour votre participation

Annexe D: Inventaire de latéralité d'Edinburgh

« Tu vas me montrer quelle main tu utilises pour les activités suivantes ou les mimer, me montrer comment tu fais. »

« Tu vas me dire à chaque fois, si tu utilises toujours la même main ou s'il t'arrive d'utiliser l'autre. »

Mettre 2 croix si une main est exclusivement utilisée, 1 croix si elle est préférentiellement utilisée et 1 croix dans chaque colonne si les deux mains sont utilisées indistinctement.

Certaines de ces activités nécessitent les deux mains, Dans ce cas, l'aspect à propos duquel vous devez indiquer la préférence de la personne est notée entre parenthèses.

Essayez de répondre à toutes les questions, en cochant la bonne réponse.

Ne fournissez pas de réponse uniquement dans le cas où la personne n'a aucune expérience de la tâche.

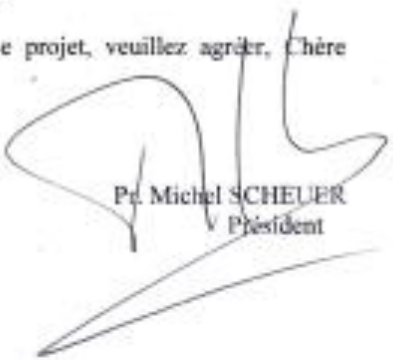
Somme droite = |_|_| ; Somme gauche = |_|_| ; Somme droite + gauche = |_|_|

	LA MAIN UTILISEE	DROITE	GAUCHE
1	Pour écrire	•	•
2	Pour dessiner	•	•
3	Pour lancer une balle (avec une seule main)	•	•
4	Pour tenir des ciseaux	•	•
5	Pour tenir une brosse à dents	•	•
6	Pour tenir un couteau (sans fourchette)	•	•
7	Pour tenir une cuillère (ex : soupe)	•	•
8	Pour tenir un balai (main du haut)	•	•
9	Pour taper une baguette sur un xylophone (main qui tient la baguette)	•	•
10	Pour ouvrir une boîte (main qui tient le couvercle)	•	•
	Total		

$$Clm = \frac{\text{Somme Droite} - \text{Somme Gauche}}{\text{Somme Droite} + \text{Gauche}} \times 100 = |_|_|_|$$

Résultats : - 100 = gaucher absolu / 0 = ambidextre / + 100 = droitier absolu

Annexe E: Accord du comité d'éthique et formulaire de consentement éclairé

COMITÉ D'ÉTHIQUE	 Université Saint-Joseph - Beyrouth جامعة القديس يوسف - بيروت			
	<table border="1"><tr><td>Réponse</td><td>No. 343</td></tr><tr><td>Réponse</td><td>No.</td></tr></table>	Réponse	No. 343	Réponse
Réponse	No. 343			
Réponse	No.			
Beyrouth le 12 novembre 2014				
Mme Carla ABI ZEID Directrice de l'institut de Psychomotricité				
Nos réf. : USJ -2014-37 Titre : Etude comportementale et neurofonctionnelle de l'écriture manuscrite chez des sujets gauchers bilingues dans le cadre du bigraphisme. Chère collègue, Suite à la réception du nouveau formulaire de consentement éclairé, le Comité estime à l'unanimité qu'il n'y a aucune objection d'ordre éthique à la réalisation de ce projet, il vous notifie donc bien volontiers son accord. Avec tous mes vœux pour le succès de ce projet, veuillez agréer, Chère collègue, l'assurance de mes sentiments dévoués.  Pr. Michel SCHEUER Président cc. Lydia KHABBAZ, R. TOMB				

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ÉCLAIRÉ

Mr/Mme (Nom, Prénom)

Téléphone.....

Mme

nous a proposé de participer à une recherche intitulée : **Etude comportementale et neuro-fonctionnelle de l'écriture chez des adultes bigraphe**

Mme HARB nous a précisé que nous sommes libres d'accepter ou de refuser la participation à cette étude.

Nous avons été informés des objectifs de l'étude. Nous avons reçu une note écrite sur les informations concernant le déroulement de l'étude et la stricte confidentialité des informations recueillies.

Nous acceptons que les données nominatives recueillies à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'un traitement automatisé par l'organisateur de la recherche.

Les données recueillies demeureront strictement confidentielles. Nous n'autorisons leur consultation que par le promoteur de la recherche.

Nous pourrions à tout moment demander toute information complémentaire à Mme HARB, (Tél : 03-489119).

NOUS ACCEPTONS LIBREMENT ET VOLONTAIREMENT DE PARTICIPER A CETTE RECHERCHE DANS LES CONDITIONS DECRITES CI-DESSUS.

Notre consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de l'ensemble de leurs responsabilités.

Nous sommes conscients que nous pouvons retirer notre consentement à tout moment, quelles que soient nos raisons.

Nous gardons un exemplaire de la feuille d'information que nous a remise Mme HARB et du présent consentement.

Fait à, le.....

(Nom, prénom de la personne donnant le consentement)

Signature :

(Nom, prénom de la personne donnant le consentement)

Signature :

Je soussigné Mme..... certifie que M.....

a donné ce jour son consentement informé, libre et révocable, à la recherche nommée ci-dessus.

Signature et Cachet de l'investigateur :

Annexe F : Fiche de notation (remplie par l'examineur)

Nom du sujet.....

Nationalité : Libanais ☐ Français ☐

Consigne:

Dans chacun des cadres présentés sur la table, il y a un ensemble de mots qui sont écrits par un même sujet. Ce dernier peut être soit un français soit un libanais. A vous de faire deux tas : un tas de scripteurs libanais et un tas de scripteurs français. Le tas de scripteurs libanais doit regrouper les cadres des mots français qui vous semblent relatifs aux scripteurs libanais. Le tas de scripteurs français doit regrouper les cadres des mots français qui vous semblent relatifs aux scripteurs français.

Réponses des sujets

N° de code	Scripteurs libanais	Scripteurs français
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Critères de classification :

Français :.....
.....

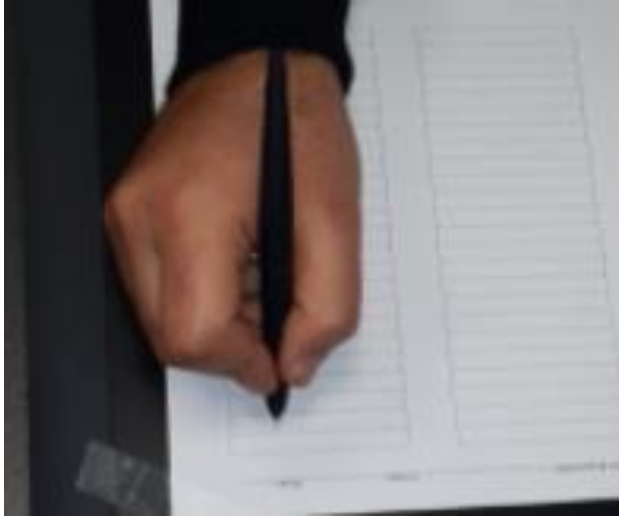
Libanais :.....
.....

Annexe G : Reconnaissance des scripteurs effectué par les lecteurs

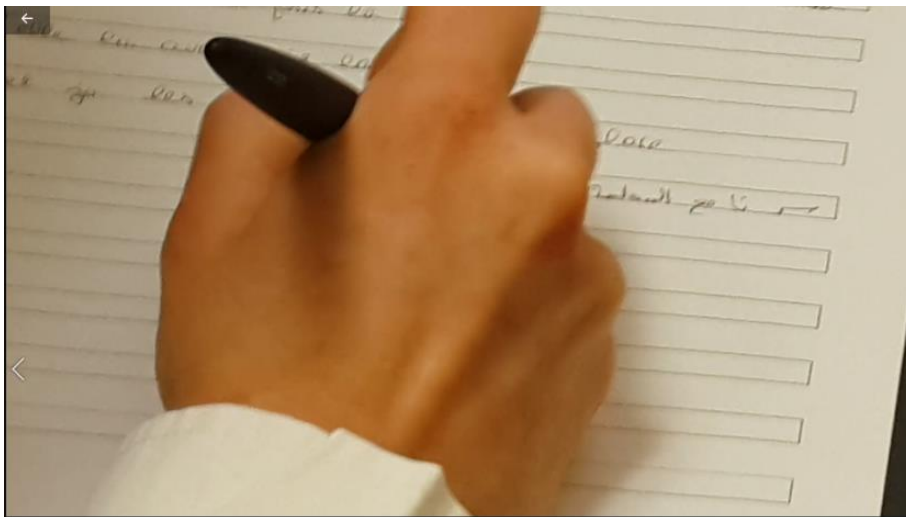
scripteurs	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4	FR 5	FR 6	FR 7	FR 8	FR 9	FR 10	FR 11	FR 12	FR 13	FR 14	FR 15	LB 1	LB 2	LB 3	LB 4	LB 5	LB 6	LB 7	LB 8	LB 9	LB 10	LB 11	LB 12	LB 13	LB 14	LB 15
lecteurs																														
FR 1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
FR 2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
FR 3	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
FR 4	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
FR 5	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
FR 6	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
FR 7	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
FR 8	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
FR 9	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
FR 10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
FR 11	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
FR 12	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
FR 13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
FR 14	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
FR 15	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
FR 16	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
FR 17	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
FR 18	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
FR 19	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
FR 20	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1
LB 1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
LB 2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
LB 3	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
LB 4	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
LB 5	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
LB 6	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
LB 7	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
LB 8	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
LB 9	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
LB 10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
LB 11	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
LB 12	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
LB 13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
LB 14	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
LB 15	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
LB 16	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
LB 17	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
LB 18	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
LB 19	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
LB 20	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1

Annexe H : Illustration de l'orientation du stylo chez les scripteurs droitiers

1- Syriens quand ils écrivent en arabe



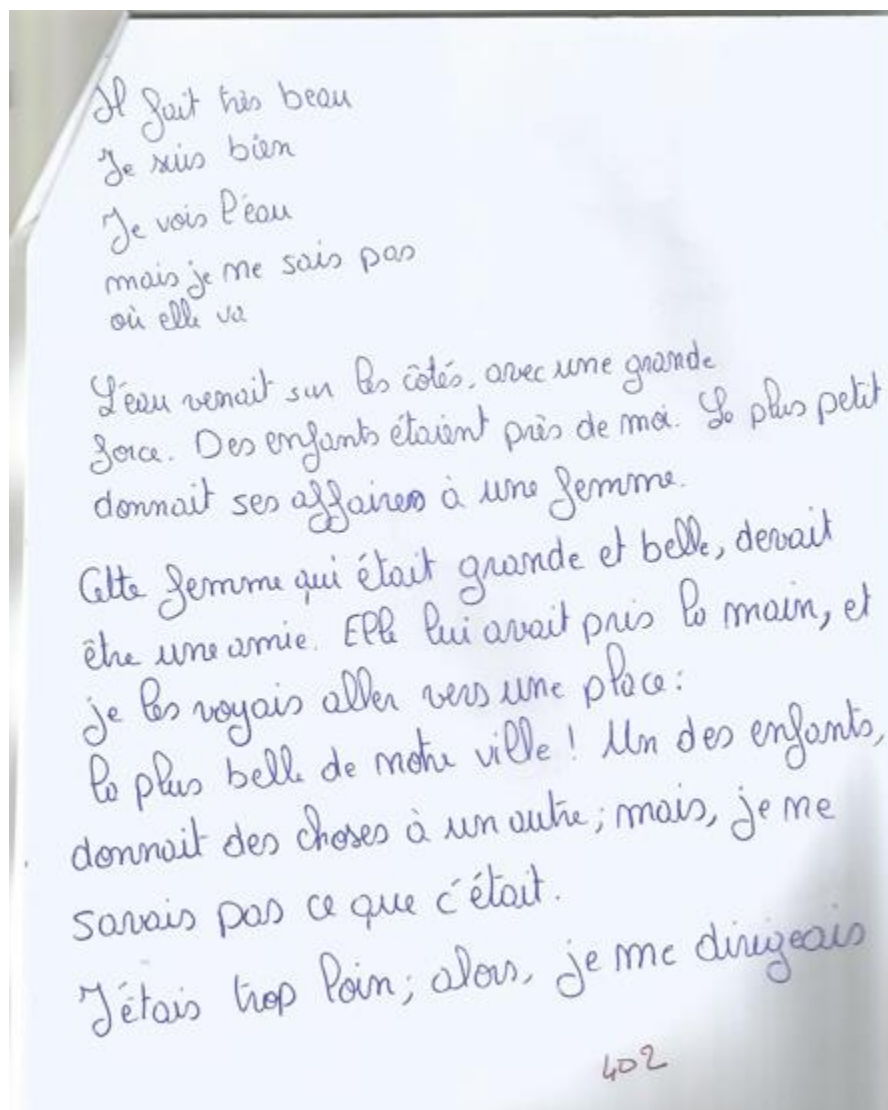
2- Libanais quand ils écrivent en arabe



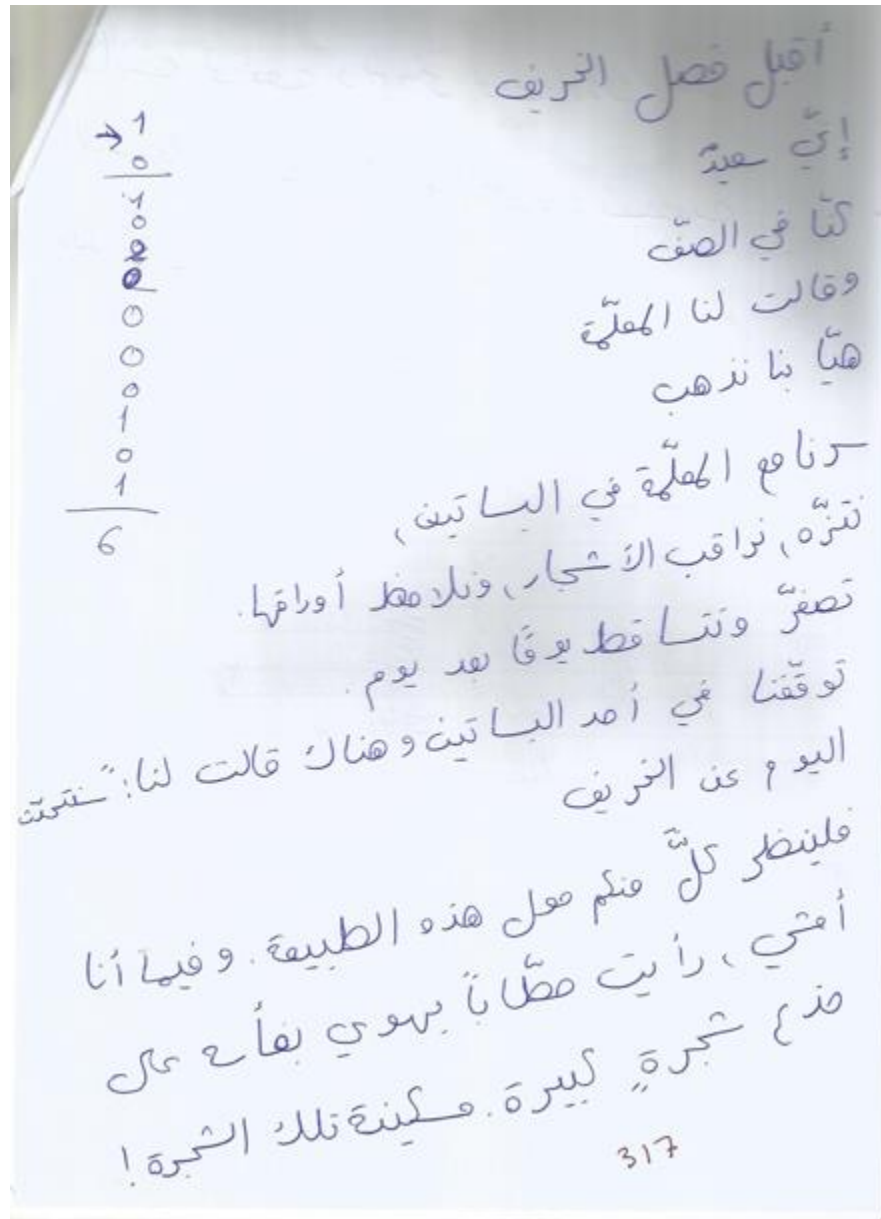
3-Libanais quand ils écrivent en français



Annexe I : Exemple de l'Échelle d'évaluation rapide de l'écriture BHK-ado réalisée par un participant Libanais gaucher (Soppelsa & Albaret, 2013)



Annexe J : Exemple du Soullam Takyim Al Katiba Al Arabiya-STAKIA réalisée par un participant Libanais gaucher (Matta-Abizeid *et coll.*, soumis)

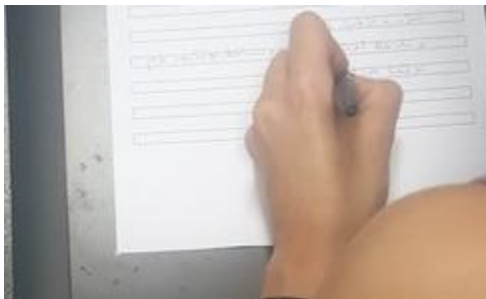


Annexe K : Illustration de l'orientation du stylo chez les scripteurs gauchers

1- Français quand ils écrivent en français- Posture inversée



2- Libanais quand ils écrivent en arabe



3-Libanais quand ils écrivent en français

