



HAL
open science

Directionnalité graphique et dominance manuelle : une perspective développementale et interculturelle

Hana Kebbe

► **To cite this version:**

Hana Kebbe. Directionnalité graphique et dominance manuelle : une perspective développementale et interculturelle. Psychologie. Université de Bourgogne, 2012. Français. NNT : 2012DIJOL005 . tel-01001819

HAL Id: tel-01001819

<https://theses.hal.science/tel-01001819>

Submitted on 5 Jun 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITE DE BOURGOGNE
Département de Psychologie – École Doctorale E2S
Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement
C.N.R.S. – U.M.R 5022

**Directionnalité graphique et dominance manuelle :
Une perspective développementale et interculturelle**

Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne
Mention Psychologie

Présentée par **Hana KEBBE**

Sous la direction du professeur **Annie Vinter**

Membres du Jury :

Professeur Jacqueline FAGARD (Université de Paris Descartes, France)

Professeur Michel FAYOL (Université de Clermont-Ferrand, France)

Professeur Annie MAGNAN (Université de Lyon 2, France)

Professeur Annie VINTER (Directeur de Thèse, Université de Bourgogne, France)

- 04 juin 2012 -



Remerciements

Je souhaite remercier en premier lieu ma directrice de thèse, Annie Vinter, pour avoir accepté de me diriger patiemment, pour son soutien constant, et sa disponibilité tout au long de cette recherche. Je la remercie tout particulièrement pour sa patience et sa compréhension de la situation en Syrie qui m'affecte beaucoup, je la remercie pour son soutien et son aide qui m'ont permis de présenter cette thèse aujourd'hui.

Je suis très reconnaissant à Mmes Annie Magnan, et Jacqueline Fagard d'avoir accepté de suivre l'évolution de ma thèse et de répondre à mes questions avec gentillesse. Leurs commentaires et questions ont contribué à améliorer de manière significative le document.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à M. Michel Fayol, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de thèse de doctorat.

Je tiens à remercier tous mes camarades du laboratoire, plus particulièrement ceux qui se reconnaîtront, pour leur soutien et leur bonne humeur.

Je remercie mes parents pour leur soutien au cours de ces longues années d'études et sans lesquels je n'en serai pas là aujourd'hui.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Résumé : Dans ce travail, nous tentons d'apporter des éléments de compréhension concernant les facteurs sous-jacents aux tendances directionnelles, en examinant l'impact des contraintes biomécaniques et des habitudes culturelles sur la directionnalité dans les mouvements graphiques. Des participants français et syriens, enfants et adultes, ont été comparés dans 6 expériences afin de mettre en évidence les différences cognitives et psychomotrices engendrées par le fait que les cultures occidentales et orientales s'opposent sur la directionnalité majeure de l'écriture et de la lecture, et que les deux mains s'opposent sur la directionnalité en adoptant des mouvements déterminés par des contraintes biomécaniques. De plus, cette comparaison nous a permis de déterminer la force relative de ces deux facteurs au cours du développement lorsqu'un conflit entre les contraintes biomécaniques et les habitudes culturelles apparaît dans la réalisation d'une tâche graphique.

Les résultats globaux montrent que la directionnalité peut être considérée comme le produit émergent d'une interaction complexe entre ces deux types d'influences. La direction d'écriture est un facteur déterminant lorsque la tâche est effectuée avec la main droite (dominante), mais les facteurs culturels et éducatifs peuvent être modulés par le facteur biomécanique lorsque le sujet utilise la main gauche (non dominante). Cette interaction varie selon l'âge du sujet.

Mots-clefs : Biais directionnel, Contrainte biomécanique, Dessin, Développement, Déviation, Différence culturelle, Directionnalité, Tâche graphique, Syntaxe graphique.

Abstract: In the present work, we try to provide some understanding about the factors underlying the directional tendencies, by examining the impact of biomechanical constraints and cultural habits on directionality in graphic movements. French and Syrian subjects, children and adults, were compared in six experiments in order, to put in evidence the cognitive and psychomotor differences caused by the fact that the Eastern and Western cultures oppose on the directionality of writing and reading habits, and that the two hands are opposite in the directionality by adopting movements determined by biomechanical constraints. Likewise, this comparison allowed us to determine the relative strength of these two factors during development, when a conflict between the biomechanical constraints and cultural habits appears in the completion of a graphic task.

The overall results show that the directionality can be considered as the product emerging from a complex interaction between these two types of influences. The writing habit is a determining factor when the task is performed with the right hand (dominant). But the cultural and educational factors can be modulated by the biomechanical factor when the subject uses the left hand (no dominant). This interaction varies by age of the subject.

Keywords: Biomechanical constraints, Cultural differences, Development, Deviation, Directionality, Drawing, Directional bias, Graphic task, Graphic syntax.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	2
I. Tendances directionnelles : activités perceptives et motrices	3
1. latérisation cérébrale et contrôle hémisphérique	3
2. Exploration visuelle et supériorité du champ visuel dans des tâches verbales ou non verbales.	4
3. Perception de l'espace et asymétries	6
4. Directionnalité dans les tâches graphiques.....	6
5. Directionnalité dans d'autres activités motrices.....	7
II. Facteurs affectant la directionnalité dans des activités manuelles.....	8
A. Facteurs biomécaniques.....	8
- Que signifie être droitier ou gaucher ?	9
- Origine de la latéralité manuelle.....	9
- Estimation de la latéralité manuelle.....	10
- Tendances directionnelles et influences des contraintes biomécaniques.....	12
B. Facteurs Culturels	13
- Influence de la culture sur la perception.....	13
- Rôle des pratiques culturelles sur la cognition	14
- Tendances directionnelles liées aux habitudes de lecture et d'écriture.	15
III. Développement de la directionnalité graphique pendant l'enfance.....	18
- L'évolution de l'acte graphique.....	18
- Changement de préférence directionnelle dans les tâches grapho-motrices chez les enfants	19
- Changement de préférence directionnelle dans l'exploration visuelle chez les enfants	19
IV. Tendances directionnelles : produit d'une interaction entre des facteurs biomécaniques et environnementaux	21
V. Objectif et hypothèses de ce travail.....	22
1. Etudier les syntaxes de production graphique	23
2. Perception et utilisation de l'espace	25
3. La rapidité des mouvements et la précision des performances.....	26
CHAPITRE 1 : L'APPLICATION DES REGLES DE PRODUCTION GRAPHIQUE CHEZ L'ADULTE ET L'ENFANT FRANÇAIS ET SYRIEN.....	29
Introduction	29
- L'organisation locale	29
- L'organisation globale.....	31
- Facteurs influençant la syntaxe graphique.....	32
Expérience 1 – A : Syntaxe graphique chez les adultes français et syriens.....	35
Méthode.....	35

Résultats	37
- Les principes de départ :.....	38
- Les principes de progression :.....	41
- Les principes d'organisation globale :.....	47
Discussion	48
Expérience 1 – B : Syntaxe graphique chez des enfants français et syriens.....	52
Méthode.....	54
Résultats	57
- Les principes de départ :.....	57
- Les principes de progression :.....	63
- Les principes d'organisation globale :.....	72
- Analyse des erreurs de copie du modèle :	73
Discussion	81
L'application flexible des règles graphiques chez les adultes et les enfants	85
Résultats	86
- Les principes de départ :.....	86
- Les principes de progression :.....	88
Discussion	96
CHAPITRE 2 : LA PRODUCTION DE CERCLES CHEZ L'ENFANT FRANÇAIS ET SYRIEN.....	98
Introduction	98
Méthode.....	100
Résultats	102
Discussion	109
CHAPITRE 3 : LA BISSECTION DE LIGNES CHEZ L'ENFANT ET L'ADULTE	111
Introduction	111
- Bisection et Préférence manuelle des sujets :	111
- Bisection et Direction de l'exploration visuelle :.....	112
- Bisection et Âge des sujets :	113
- Bisection et autres Facteurs :	114
Méthode.....	116
Résultats	119
- Analyse en termes de fréquence de déviations :.....	119
- Analyse en termes de valeurs relatives d'erreurs :.....	122
Discussion	127
CHAPITRE 4 : ORIENTATION CANONIQUE DE L'OBJET DANS LA TACHE DE DESSINS DE PROFILCHEZ L'ADULTE ET L'ENFANT.....	131
Introduction	131
Méthode.....	136

Résultats	140
- Analyse avec l'indice de directionnalité :.....	140
- Analyse des pourcentages d'orientation à gauche des dessins :.....	142
Discussion	153
CHAPITRE 5: EXAMINER LA TACHE DE REMPLISSAGE DE POINTS ET LA TACHE DE BARRAGE CHEZ L'ENFANT	158
Introduction	158
Tâche de Remplissage des points	160
Méthode.....	160
Résultats	162
- Analyse en terme de rapidité d'exécution de la tâche :.....	162
- Analyse des erreurs :	165
Discussion	167
Test de Barrage.....	169
Méthode.....	170
Résultats	173
- Analyse en termes de vitesse des mouvements :.....	173
- Analyse des erreurs :	174
Discussion	176
DISCUSSION GENERALE	179
I. Tendances directionnelles liées aux habitudes culturelles.....	180
II. Développement de la directionnalité graphique pendant l'enfance.....	182
III. Contraintes Biomécaniques et tendances directionnelles	183
IV. Interaction complexe entre les facteurs affectant la directionnalité	186
V. Nos propositions pour les études à l'avenir	189
Conclusion.....	190
BIBLIOGRAPHIE	192

Liste des annexes

Annexe 1 : Exemple de figures géométriques reproduit par un adulte français.....	207
Annexe 2 : Les principes codés pour chaque modèle.....	209
Annexe 3 : Exemples d'une tâche de la production des figures géométriques reproduit par un enfant syrien de 7 ans.	213
Annexe 4 : Les principes codés pour chaque modèle.....	216
Annexe 5 : Exemple d'un test de production de cercles réalisé par un enfant français de 4 ans ...	219
Annexe 6 : Exemple d'une tâche de la bissection de lignes réalisée par une fille syrienne de 7 ans ..	220
Annexe 7 : Exemple d'un test de remplissage de points réalisé par un enfant français de 6 ans....	221
Annexe 8 : Exemple d'un test de barrage réalisé par un enfant syrien de 10 ans	222

Introduction générale

Introduction générale

Nos comportements, qu'ils soient moteurs, perceptifs ou cognitifs, révèlent certaines tendances directionnelles. Par exemple, quand des tableaux de stimuli visuels horizontaux sont présentés, les sujets scannent habituellement les stimuli dans l'une des deux directions horizontales, soit de gauche à droite ou de droite à gauche. La « directionnalité » est la tendance à présenter un biais stable d'orientation dans la dimension horizontale, verticale ou oblique (Dreman, 1974). Dans les activités graphiques, les tendances directionnelles s'observent lorsqu'on a le choix entre trois directions : vers la gauche ou vers la droite, vers le haut ou vers le bas, dans un sens horaire ou anti-horaire.

Les questions posées dans la littérature sont celles de savoir s'il existe des polarisations directionnelles, quels en sont les facteurs déterminants, et quelles en sont les origines. A travers ce travail de recherche, nous tenterons d'apporter des éléments de compréhension concernant les facteurs influençant ces tendances directionnelles. Ce travail sera mené dans une perspective développementale, et aura pour objectif de tester comment les facteurs culturels et biomécaniques influencent la polarisation directionnelle au cours de développement.

Nous commencerons, dans la première partie de l'introduction, par présenter des tendances directionnelles qui apparaissent dans diverses activités perceptives, motrices, et graphiques. Puis, nous présenterons les différents effets des facteurs biomécaniques et culturels sur les biais directionnels dans la motricité. La troisième partie de cette introduction abordera les liens entre le développement psychomoteur et l'évolution de la directionnalité pendant l'enfance. Seules les grandes lignes de résultats seront tracées dans cette introduction générale, car nous avons opté pour une structure de manuscrit dans lequel chaque chapitre expérimental est introduit par une revue de questions concernant spécifiquement le point qu'il soulève. Enfin, notre problématique de travail sera développée dans la dernière partie de cette introduction.

I. Tendances directionnelles : activités perceptives et motrices

1. Latéralisation cérébrale et contrôle hémisphérique

Ghent-Braine (1967) a suggéré que les tendances directionnelles reflètent certains aspects de latéralisation des fonctions cérébrales. Différentes asymétries sont ainsi observables au niveau perceptuo-moteur. La latéralité ne semble pas limitée au choix de l'utilisation d'un œil, d'un bras, ou d'une oreille mais elle est un principe organisateur dans l'utilisation efficace des symétries fonctionnelles du corps dans les activités sensori-motrices. La latéralité est la conséquence d'une asymétrie cérébrale.

Les asymétries peuvent être considérées comme un indice indirect de la latéralisation cérébrale. Les asymétries perceptives obtenues avec des tâches variées de latéralisation (écoute dichotique par exemple) chez des adultes normaux ont le plus souvent été interprétées en fonction de modèles de transmissions anatomiques. Le type de modèle de transmission anatomique postule que des stimuli doivent être mieux perçus quand ils ont des liaisons directes avec l'hémisphère le mieux spécialisé (Kimura, 1961, 1967). Ainsi, les stimuli verbaux seraient mieux détectés s'ils sont présentés à la chaîne sensorielle (oreille, hémichamp visuel, main) controlatérale à l'hémisphère gauche chez les sujets droitiers.

Il est connu depuis longtemps que les hémisphères gauche et droit diffèrent de manière structurelle, ce qui pourrait sous-tendre leurs différences fonctionnelles, notamment pour ce qui concerne l'hémisphère gauche (en comparaison au droit), une taille plus grande de la cellule micro-anatomique, une plus grande épaisseur de la myéline, des micro-colonnes plus larges et un plus grand espacement des macro-colonnes (Hayes & Lewis, 1993 ; Penhune et al., 1996 ; Seldon, 1981 ; Galuske et al., 2000). De plus, les modèles de connectivité entre les régions cérébrales diffèrent également entre les deux hémisphères, avec un plus grand volume de faisceaux de fibres dans le faisceau arqué de l'hémisphère gauche (Duffau, 2008).

Hecaen et De Ajuriaguerra (1963) posent le problème de la spécialisation fonctionnelle de chacun des hémisphères. Pour eux, les asymétries observables sont en fait des inégalités de surface en fonction des régions entre les deux moitiés de cortex cérébral. Selon Hines (1977), les deux hémisphères auraient une manière différente de traiter l'information. La distinction à faire entre les deux hémisphères ne se retrouverait pas dans la nature des tâches à effectuer mais plutôt dans la manière de les réaliser, cette différence venant du fait que les deux hémisphères n'utilisent pas les mêmes procédures pour traiter les informations (Hellige, 1983). L'hémisphère gauche la traite de

façon analytique et logique, alors que l'hémisphère droit de façon globale et analogique. Les deux hémisphères fonctionnent de manière différente mais complémentaire (Botez, 1992 ; Habib & Robichon, 1999).

L'hémisphère gauche est spécialisé pour les aspects phonologiques du langage et les gestes élaborés. Minagawa-Kawai et al. (2011) ont évalué 3 hypothèses quant à l'origine de la latéralisation du langage chez les adultes (signal-driven, domain-driven, et learning biases). Les auteurs montrent que la latéralisation du langage émerge de l'interaction entre des biais gauche-droite pré-existants dans le traitement auditif (hypothèse du signal-driven), et une prédominance dans l'hémisphère gauche de mécanismes d'apprentissage particuliers (hypothèse de learning biases). À la suite de ce processus qui opère dans le développement, la langue natale est représentée dans l'hémisphère gauche essentiellement.

En revanche, les fonctions relevant de processus visuo-spatiaux seraient assumées par l'hémisphère droit (Kinsbourne, 1978). L'hémisphère droit joue un rôle important puisqu'il permet de former une représentation topologique de l'espace, et relève d'un traitement plus global (dans toutes les fonctions) et plus « concret » de l'information que l'hémisphère gauche. Il assure aussi les réponses d'alerte à l'environnement.

2. Exploration visuelle et supériorité du champ visuel dans des tâches verbales ou non verbales

L'exploration visuelle est la capacité de l'homme à s'orienter et à analyser le monde visuel pour exécuter une action adéquate. Les études sur l'exploration visuelle basées sur les tendances des mouvements oculaires ont été discutées par Brandt (1945). Il rapporte une forte préférence des sujets pour le quadrant en haut et à gauche des stimuli. Il a également observé une préférence pour des mouvements horizontaux plutôt que pour des mouvements verticaux.

Les résultats des asymétries fonctionnelles dans les tâches verbales ou non verbales de perception visuelle sont généralement interprétés en termes de spécialisation hémisphérique (McKeever, 1974 ; Isseroff, Carmon, & Nachshon, 1974). Les stimuli non verbaux sont mieux détectés dans le cas d'une présentation contralatérale à l'hémisphère droit. La perception de l'information directionnelle est mise en évidence par la supériorité du champ visuel gauche (donc hémisphère droit, Takala, 1951).

En raison de la façon dont le système visuel est organisé, un mot présenté dans le champ visuel gauche est d'abord traité par le cortex visuel droit alors que celui présenté dans le champ visuel droit est d'abord traité par le cortex visuel gauche. Cela signifie que l'hémisphère gauche a accès au

champ visuel droit avant l'hémisphère droit. Les droitiers sont ainsi plus capables de lire le mot présenté dans le champ visuel droit que dans le champ visuel gauche. Cette observation est généralement interprétée comme une indication d'une supériorité de l'hémisphère gauche pour le traitement du langage (Bryden & Mondor, 1991 ; Brysbaert, Vitu, & Schroyens, 1996 ; Melamed & Zaidel, 1993 ; Cohen et al., 2000 ; Yamadori, 2000). À l'inverse, lorsque des stimuli non-verbaux sont présentés, comme les visages, ils sont mieux traités dans le champ visuel gauche que droit, ce qui reflète une spécialisation hémisphérique droite pour la reconnaissance faciale.

Certains chercheurs ont interprété les asymétries du champ visuel en relation avec les tendances de balayage procédant des habitudes de lecture et d'écriture (Heron, 1957 ; Harcum & Friedman, 1963 ; Orenstein & Meighan, 1976). L'asymétrie du champ visuel, de ce point de vue, reflèterait surtout une tendance à analyser l'information dans la direction des habitudes culturelles. Selon Hebb (1949), pour les lecteurs de gauche à droite, la supériorité du champ visuel droit pour les mots peut être interprétée dans le cadre de la latéralité ou dans le cadre du balayage visuel.

L'interprétation des asymétries perceptives selon le balayage visuel offrant un compte rendu aussi plausible comme celui de la latéralisation cérébrale, il est difficile de déterminer l'origine de l'asymétrie si la recherche est limitée aux lecteurs de scripts allant de gauche à droite, comme l'anglais. Compte tenu de ce problème, un certain nombre d'études ont porté sur les lecteurs de scripts allant de droite à gauche comme l'hébreu (Mishkin & Forgays, 1952 ; Orbach, 1967). Les résultats de la littérature avec la langue hébraïque sont confus. Certaines études ont rapporté un avantage du champ visuel droit pour l'hébreu, ainsi que pour l'anglais, et d'autres études signalent un avantage plus faible du champ visuel droit ou même un avantage du champ visuel gauche dans l'identification des stimuli hébraïques (Tarmer, Butler, & Mewhort, 1985). De plus, les études portant sur les lecteurs de langues allant de droite à gauche ne soutiennent pas aussi clairement l'hypothèse de l'effet culturel sur la direction de balayage visuel. Diverses études ont montré qu'il existerait, indépendamment de toute influence culturelle, une forte tendance à parcourir visuellement un pattern visuel en partant de la zone en haut et à gauche du stimulus, surtout pour les stimuli non linguistiques (Abed, 1991 ; Braine, 1986 ; Nachshon, Shefler, & Samocha, 1977), alors que les effets culturels apparaissent plutôt pour scanner les stimuli linguistiques (Nachshon et al., 1977). Cependant, suivant d'autres études, les habitudes culturelles ont une influence sur le balayage visuel (Harcum & Friedman, 1963 ; Kugelmass & Lieblich, 1970). À partir de la littérature relative à la latéralisation cérébrale ou relative aux habitudes culturelles dans le balayage visuel, on ne sait pas lequel de ces facteurs contient la véritable explication de l'asymétrie observée dans l'exploration visuelle ou si les deux y contribuent (Vaid, 1995).

3. Perception de l'espace et asymétries

Les asymétries dans la perception de l'espace sont bien connues. Certaines recherches montrent que les sujets normaux ne perçoivent pas l'espace de manière symétrique. Par exemple, lorsqu'un adulte sain doit estimer le centre d'une ligne, une légère déviation systématique vers la gauche du milieu de la ligne est généralement observée (Bowers & Heilman, 1980 ; Jewell & McCourt, 2000). Ce biais spatial est appelé *pseudo-négligence*. Pour Bradshaw et coll. (1987), ce biais à gauche chez les sujets « normaux » est lié à une suractivation de l'hémisphère droit relative à la nature spatiale de la tâche qui induit une augmentation de la partie gauche de la ligne, par un effet de centration attentionnelle accrue. L'effet de polarisation vers la gauche a en effet été interprété souvent en termes d'activation hémisphérique et de traitement perceptuel. D'après Scarisbrick et al. (1985, 1987) l'activation préférentielle de l'hémisphère droit entraînerait une augmentation de l'hémi-espace gauche perçu, induisant un déplacement du milieu subjectif dans la moitié gauche de la ligne. Kinsbourne (1970ab, 1972, 1973, 1978) a expliqué les phénomènes de négligence spatiale unilatérale en termes de déséquilibre d'activation hémisphérique. Il trouve qu'il existe un biais attentionnel favorable à l'hémi-espace controlatéral à l'hémisphère le plus activé. Selon lui, les sujets droitiers montrent un biais vers la droite dû à la supériorité de l'hémisphère gauche. Par contre, les études de Sampaio et Chokron (1992), Chokron et Imbert (1993); Brodie et Pettigrew (1996), Chokron et al. (1997) ont montré que le biais directionnel ne s'opère pas systématiquement vers le côté opposé à l'hémisphère le plus actif. Ce phénomène de polarisation vers la gauche est influencé dans son intensité et dans sa latéralisation aussi par des facteurs comme l'âge, le sexe, la main active, la latéralité manuelle. Par ailleurs, Zivotofsky (2004) a analysé le choix d'un côté préféré chez des adultes anglais et hébreux, droitiers et gauchers, dans les tâches de bissection, de trisection, et de quadrisection de lignes. Les résultats globaux montrent une corrélation entre la direction de lecture de la langue de sujet et celle du côté choisi pour diviser la ligne en trois ou en quatre sections, alors que les résultats ne révèlent pas de corrélation entre la main utilisée pour l'écriture et le côté favorisé. Le choix d'un côté droite ou gauche semble donc plutôt déterminé par la direction de lecture, en comparaison avec un déterminant plus biomécanique.

4. Directionnalité dans les tâches graphiques

Des tendances directionnelles apparaissent dans différents types de tâches graphiques, par exemple dans le dessin, ou bien d'autres types de tâches papier-crayon. Certains chercheurs ont avancé l'idée que la planification et l'exécution de toutes les formes de dessin sont conduites par des

représentations procédurales abstraites. Ces représentations procédurales contraindraient la structure spatiale et temporelle du trait, c'est-à-dire qu'une représentation mentale interne gouvernerait l'ordre des traits que les gens ont tendance à suivre en séquences fixes en dessinant des images familières, comme le cube ou le bonhomme (Laszlo & Broderick, 1985 ; Philips, Hobbs & Pratt, 1978 ; Philips, Inall & Lauder, 1985). Les études qui ont porté sur la syntaxe graphique indiquent que les sujets suivent généralement un schéma séquentiel déterminé par des contraintes cognitives quand ils copient un pattern géométrique (Goodnow & Lévine, 1973 ; Simner, 1981 ; van Sommers, 1984). Les règles graphiques déterminent les choix dans les points de départ de la figure, ainsi que la progression et l'organisation du mouvement. En ce qui concerne les règles de départ, le départ s'effectue en haut et à gauche de la feuille, par une verticale ; le départ des lignes obliques se fait en haut puis vers la gauche. En ce qui concerne les règles de progression, le tracé progresse de haut en bas et de gauche à droite de la ligne. D'autres types de directionnalité peuvent émerger pendant la production de formes circulaires. Les adultes droitiers produisent souvent les spirales vers le haut dans un sens anti-horaire (Van Sommers, 1984).

Un biais directionnel vers la gauche a ainsi été révélé dans différents types de tâches visuo-spatiales parce que ces types de tâche activent l'hémisphère droit plus que le gauche, ce qui induit une polarisation attentionnelle sur l'hémi-espace gauche (Kinsbourne, 1970). Le biais directionnel vers la gauche est à nouveau expliqué comme une activation préférentielle de l'hémisphère droit par rapport à la nature spatiale de la tâche, comme pour la tâche de bissection de lignes (Bradshaw et coll., 1987, Bowers & Heilman, 1980 ; Sampaio & Chokron, 1992) ou la tâche de dessin d'objets de profil (Alter, 1989, Karev, 1999, Taguchi & Noma, 2005, Van Sommers, 1984, Viggiano & Vannucci, 2002). Dans notre thèse, nous nous centrerons particulièrement sur les effets de polarisation directionnelle dans ces différents types de tâches graphiques.

5. Directionnalité dans d'autres activités motrices

Des tendances directionnelles ont également été observées au niveau de la locomotion et de la posture. Garder une ligne droite en marchant semble aller de soi avec des repères visuels (Vuillerme, Nougier, & Camicioli, 2002). En cas d'absence de tels repères, il devient difficile de ne pas dévier de sa trajectoire : la plupart des gens ont tendance à dévier d'un côté – vers la gauche plutôt – de sorte que sur une distance suffisante, ils finissent par tourner en rond (cité par Fagard, 2004). Lorsque les conditions de l'environnement empêchent les gens d'aller tout droit, il existe une tendance spontanée à tourner dans un sens plutôt que dans l'autre. Il semblerait que les droitiers aient une tendance à commencer leur action vers la droite, mais lorsque l'action implique une rotation, ils ont tendance à tourner dans le sens anti-horaire. Bradshaw (1991) observe que la plupart des gens marchent dans un

endroit fermé, comme une salle ou un hall public, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les préférences directionnelles peuvent être mesurées en demandant à des sujets de faire plusieurs tours sur eux-mêmes. D'après diverses études, les droitiers auraient tendance à tourner vers la gauche dans le sens antihoraire et les gauchers vers la droite dans le sens horaire (Bradshaw & Bradshaw, 1988 ; Mohr et al., 2003). Ces tendances directionnelles se retrouvent chez les enfants dès l'âge de 3 ans (Day & Day, 1997). Fagard (2004) a mené une étude portant sur les enfants droitiers âgés de 7 à 10 ans, et a évalué les sens de rotation par le test de Solin. Elle a trouvé que 67% des enfants tournent dans le sens anti-horaire. Ainsi, lorsqu'elle demande aux enfants de marcher droit avec les yeux bandés sur une distance de 5 mètres (une adaptation du Stepping test de Fakuka, 1959), elle observe que les enfants dévient vers la droite.

II. Facteurs affectant la directionnalité dans des activités manuelles

Diverses études ont porté sur l'existence de facteurs pouvant influencer la tendance directionnelle des activités graphiques. La directionnalité dans les tâches motrices est soumise à la fois aux facteurs innés liés à la latéralisation cérébrale et aux contraintes biomécaniques du corps ou aux facteurs acquis liés aux habitudes culturelles d'écriture et de lecture.

A. Facteurs biomécaniques

Les différences fonctionnelles entre les deux mains sont évidentes et ont été l'objet de nombreuses études. Il existe certaines preuves d'une relation entre la latéralité et les asymétries perceptives (Annett, 2002). Les tendances directionnelles sont souvent différentes et inversées entre les droitiers et les gauchers. Tandis que les droitiers préfèrent tracer les traits horizontaux de gauche à droite, les gauchers préfèrent tracer les lignes horizontales dans la direction opposée, donc de droite à gauche (Rice, 1930 ; Gesell & Ames, 1946 ; Dreman 1974, 1977 ; Goodnow, 1977 ; Van Sommers, 1984 ; Thomassen, 1992 ; Braswell & Rosengren, 2002). Les différentes tendances entre les droitiers et gauchers peuvent être expliquées par des processus de latéralisation cérébrale liés à la préférence manuelle. La façon dont la latéralité manuelle influence la direction du dessin n'est toutefois pas claire. Il est donc nécessaire de commencer par évoquer très succinctement les bases biologiques et anatomiques de la latéralisation manuelle. Ensuite, nous allons aborder les différentes performances manuelles. Enfin, nous mettrons en évidence comment les contraintes biomécaniques influencent la tendance directionnelle.

- Que signifie être droitier ou gaucher ?

Etre droitier a été défini par la main utilisée pour l'écriture, par la main qui effectue plus rapidement des tâches manuelles ou par la main préférée pour réaliser des tâches motrices indépendamment de la vitesse (Coren, 1995). La latéralité se définit de façon simple : le droitier écrit avec la main droite (McManus, 1991, cité par Fagard, 2004). Etre droitier recouvre une réalité beaucoup plus complexe. La préférence manuelle est l'habilité à utiliser une main plutôt que l'autre pour une multitude d'activités manuelles, le droitier préfère donc utiliser la main droite non seulement pour écrire mais pour effectuer la plupart des activités manuelles (Fagard, 2004). Les hommes sont en majorité droitiers à tout âge, près de 90% d'entre eux dans les pays occidentaux (Annett, 2002 ; Dellatolas et al., 1988). Hellinge (1993) suggère qu'il est donc compréhensible que le monde soit orienté pour les droitiers.

- Origine de la latéralité manuelle

Les études sur la latéralité familiale soutiennent l'hypothèse qu'un facteur de transmission génétique joue un rôle dans le développement de la latéralité (Chamberlain, 1928 ; Annett, 1978 ; Bryden, 1982 ; McManus et al, 1988,1991). Certains auteurs montrent qu'il y a plus de chance pour deux parents gauchers d'avoir un enfant gaucher que pour deux parents droitiers (Annett, 1987 ; Mcmanus, & Bryden, 1992).

Les études de Michel (1992) et Fagard et Lemoine (1999) montrent que la latéralité familiale peut aussi être interprétée par l'imitation. L'enfant utilise souvent la même main que ses parents à condition qu'ils soient latéralisés du même côté. On peut également soutenir que le fait que le monde dans lequel nous vivons soit largement organisé pour les droitiers peut exercer une influence sur le choix d'une préférence manuelle. La théorie environnementale s'appuie sur l'effet de l'apprentissage par imitation, ou par influence de tout type. Certains auteurs observent que les pressions culturelles modulent la fréquence d'utilisation de la main gauche pour l'écriture. Dans les pays occidentaux, le nombre de gauchers pour l'écriture augmente dès la deuxième moitié du 20ème siècle, après que l'éducation soit devenue plus "permissive" avec les gauchers (Dellatolas et al., 1988). Dans d'autres cultures, la pression culturelle ou religieuse interdit l'utilisation de la main gauche pour les activités liées à l'alimentation ou pour d'autres activités. C'est le cas des pays du nord de l'Afrique, aussi bien que beaucoup de pays asiatiques, où l'on trouve justement un faible pourcentage de sujets gauchers (De Agostini, Khamis, Ahui, & Dellatolas, 1997; Shimizu & Endo, 1983; Fagard et al. 2004 ; Fagard & Dahmen, 2004).

Toutefois, avant toute influence environnementale, la latéralité manuelle s'exprime très tôt au cours de développement. D'après Grapin et perpere (1986), l'engagement occipito-iliaque droit du fœtus aurait déjà valeur de prédiction d'une latéralité peu affirmée ou de gaucherie. Certains auteurs ont observé le comportement moteur du fœtus et ont trouvé que les mouvements spontanés chez plus de 80 % des fœtus seraient plus fréquents avec la main droite qu'avec la main gauche (Hepper et al., 1998 ; McCartney & Hepper, 1999). Ainsi, Hepper et coll. (1991) rapportent que les bébés dès la 15^{ème} semaine de gestation, sucent plus souvent leur pouce droit ; d'autres auteurs ne confirment toutefois pas cette observation (Van Tol-Geerdink et al, 1995).

A la naissance, la latéralité manuelle peut s'observer très tôt lors des premiers mois de la vie. Le réflexe tonique asymétrique du cou présent dès la naissance et jusqu'à l'âge de 2-3 mois est, quant à lui, un bon prédicteur de la latéralité manuelle observé à 4-5 mois (Michel & Harkins, 1986 ; Michel, 1991). Chez la majorité des enfants, le hochet est tenu avec la main droite plus longtemps qu'avec la main gauche (Caplan & Kinsbourne, 1976 ; Petries & Peters, 1980). Dans le réflexe de Moro, chez plus de 80 % des nouveau-nés, le bras droit est plus rapide que le bras gauche (Ronnqvist et al., 1998)

Gesell et Annett (1947) avaient remarqué que les nouveau-nés ont spontanément une préférence pour un côté dans leur position asymétrique. Les auteurs ont suivi des enfants pendant des années et confirmé, qu'à 10 ans, la plupart des sujets qui avaient une prédilection pour une posture orientée à droite, étaient devenus des droitiers, une faible proportion avait une préférence pour la gauche ou indifférenciée. Quant aux bébés orientés vers la gauche, ils tendaient aussi, mais un peu moins, à être gauchers ou bien étaient indéterminés.

En conclusion, à côté des arguments en faveur d'une base biologique et innée, il est probable que certains aspects de l'environnement sensoriel précoce influencent la latéralité. Il apparaît que la préférence manuelle est présente très précocement et évolue généralement en se renforçant avec l'expérience du sujet et sous l'influence de l'environnement, non seulement pendant l'enfance mais tout au long de la vie (Dellatolas & De Agostini, 2004).

- Estimation de la latéralité manuelle

Qu'elle que soit l'origine de la latéralité, il existe deux techniques pour évaluer **la préférence manuelle** ; la première technique est le questionnaire où on demande au sujet de dire quelle main il préfère utiliser pour une série d'activités (ex, les questionnaires de Dellatolas, De Agostini, Jallon, & Poncet, 1988) ; la deuxième concerne le test de préférence manuelle où le sujet exécute symboliquement ou réellement les activités et l'expérimentateur note la main qu'il choisit pour le faire. Parmi les tests de préférence, les plus utilisés avec les enfants sont le test d'Auzias (1975),

l'échelle de De Agostini et Dellatolas (1988), et le test de dominance latérale de Harris (1974). Les questionnaires ont l'avantage de permettre une estimation rapide de larges groupes de sujets, alors que les tests de préférence sont plus indiqués lorsque le travail concerne les enfants.

Les chercheurs peuvent également évaluer la latéralité manuelle en mesurant **la différence de performance** entre les deux mains dans une tâche donnée. Il existe un certain nombre de tests de différences de performance qui sont faciles à quantifier. Le test du déplacement de chevilles, « peg-moving », utilisé par Annett (1970), consiste à déplacer le plus vite possible une rangée de chevilles sur une autre rangée. L'expérimentateur compare le temps mis par le sujet lorsqu'il utilise l'une ou l'autre main. Annett et al. (1979) ont montré lors de cette expérience que la main préférée est plus rapide et précise que la main non préférée. La tâche de remplissage de points, « dot-filling », créée par Taply et Bryden (1985), est la plus utilisée des tâches papier-crayon à ce sujet. Elle consiste à pointer le plus vite possible en 30 secondes avec un crayon dans des cercles alignés sur une feuille de papier. Les tâches de « tapping » sont également d'un usage assez fréquent. Il s'agit de taper le plus vite possible avec l'une ou l'autre main sur un espace ou une touche. On peut citer d'autres exemples de tâches papier-crayon, comme celle qui consiste à dessiner des figures géométriques comme des carrés, créée par Hauert et Steffen (1987), où les sujets devaient réaliser simultanément avec chaque main des trajectoires carrées dans un plan frontal, selon diverses modalités.

L'existence d'une relation entre la préférence manuelle et des différences de performance manuelle a été démontrée. En général, la main préférée est plus performante que la main non préférée (Annett, 1970 ; Taply & Bryden, 1985 ; Hauert & Steffen, 1987).

La différence entre les deux mains augmente avec le degré de préférence manuelle. Les activités renforcées par la pratique sont celles qui mettent en évidence la plus grande différence de performance entre la main droite et la main gauche, en faveur de la main préférée. Les droitiers sont en général plus latéralisés que les gauchers et ils présentent souvent une plus grande asymétrie que les gauchers. En d'autres termes, les sujets qui sont droitiers par l'écriture, utilisent leur main droite de façon relativement constante pour les autres activités courantes, tandis que les sujets écrivant avec la main gauche utilisent assez souvent leur main droite pour d'autres activités (Fagard, 2004 ; Gorynia & Egenter, 2000 ; Schmidt, Oliveira, Krahe, & Filgueiras, 2000).

Certains auteurs font l'hypothèse que ces facteurs innés rendent moins compte des performances dans des tâches perceptuo-motrices complexes effectuées avec la main gauche qu'avec la main droite. Dreman (1974) considère que le fonctionnement de la main gauche est influencé par les habitudes d'écriture. De même, Shanon (1979) a conclu que le comportement des droitiers est déterminé par des tendances naturelles et biologiques, tandis que les gauchers seraient plus sensibles à l'influence environnementale liée à la culture.

- Tendances directionnelle manuelle et influence des contraintes biomécaniques

Les tendances directionnelles manuelles qui s'observent dans les dessins des droitiers sont souvent inversées chez les gauchers. Les droitiers préfèrent tracer les traits horizontaux de gauche à droite (Van Sommers, 1984 ; Goodnow, 1977 ; Chokron & De Agestini, 2002), et dessinent les cercles dans le sens anti-horaire (Zapotocna, 1977 ; Glenn, Bradshaw & Sharp, 1995), alors que les gauchers préfèrent les tracer dans la direction opposée. Ces tendances directionnelles manuelles peuvent s'expliquer par le facteur des contraintes biomécaniques, qui est un des facteurs que nous allons tester dans ce travail.

Certains gestes sont ressentis plus naturels que d'autres (Bradshaw, Bradshaw, & Nettleton, 1990). Les contraintes biomécaniques liées à l'organisation du système moteur, résultent de la structure anatomique des bras, des mains, et du fonctionnement du système nerveux.

Reed et Smith (1961) ont trouvé une tendance générale chez les droitiers et les gauchers à tracer les lignes horizontales simples par des mouvements extenseurs partant du corps. Les contraintes biomécaniques liées à l'organisation du système neuromoteur, en particulier une plus grande facilité à faire des gestes linéaires exocentrés, jouent un rôle dans les tendances directionnelles observées dans une tâche de dessin. Dreman (1974, 1977) a noté la supériorité des mouvements du bras vers l'extérieur, et a considéré cette tendance vers l'extérieur comme un principe inné qui détermine la directionnalité horizontale. Ces types de contraintes influencent la direction préférée (Thomassen, 1992 ; Van Sommers, 1984 ; Goodnow, 1977 ; Braswell & Rosengren 2002, 2008 ; Chokron & De Agestini, 2002). Tandis que les droitiers préfèrent tracer les traits horizontaux de gauche à droite, les gauchers préfèrent tracer les lignes horizontales dans la direction opposée, donc de droite à gauche, adoptant un comportement "miroir" déterminé par ces contraintes biomécaniques.

Ces mouvements d'extension vers l'extérieur du corps sont considérés plus rapides, plus précis, et moins fatiguants que des mouvements fléchisseurs vers l'intérieur (Bartlett, 1957 ; Brown, Knauff, & Rosenbaum, 1948). Ces résultats expliquent ceux mis en évidence par Abu-Arabe et Dobrotka (1985) sur la latéralité et les directions d'écriture d'enfants arabes et slovaques, droitiers et gauchers. Ils ont trouvé, dans les deux groupes, qu'il est plus naturel et facile pour les gauchers d'écrire un texte anglais avec leur main droite que pour les droitiers de l'écrire avec la main gauche. En effet, ces derniers doivent progresser dans la direction opposée au mouvement naturel « en miroir », rendant ainsi plus difficile sa réalisation. En revanche, les gauchers arabes font plus d'erreurs lorsqu'ils copient un texte en arabe avec la main droite que les droitiers utilisant leur main gauche.

Certains auteurs ont confirmé que les contraintes biomécaniques influencent de manière inverse les droitiers et les gauchers (Gesell & Ames, 1946 ; Glenn, Bradshaw, & Sharp, 1995 ; Amenomori, Kono, Fournier, & Winer, 1997 ; Vaid, 1998; Braswell & Rosengren, 2000, 2002 ; Fagard & Dahmen, 2003).

B. Facteurs Culturels

Le terme de culture, dans son sens le plus général, est utilisé pour désigner l'ensemble des héritages sociaux, les comportements de l'homme "passé" servant de ressources pour la vie courante d'un groupe social ordinairement considéré comme étant les habitants d'un pays ou une région. La culture consiste en systèmes appris de sens, communiqués au moyen de la langue naturelle et au moyen d'autres systèmes de symboles, ayant des fonctions représentationnelles et affectives, et capables de créer des entités culturelles et des sens particuliers de réalité (D'Andrade, 1996). Il existe des preuves récentes que les processus perceptifs sont influencés par la culture, ainsi que de nombreuses capacités cognitives.

- Influence de la culture sur la perception

Les êtres humains commencent leur vie avec des capacités perceptives qui les préparent à acquérir les connaissances nécessaires pour vivre dans n'importe quelle culture dans le monde. Comme initialement indiqué par Gottlieb (1981) et développé spécifiquement pour la perception du langage par Aslin (1981), il existe plusieurs rôles théoriquement possibles de la manière dont l'expérience peut influencer la perception (cité par Werker, Maurer, & Yoshida, 2009). L'expérience spécifique régule les sensibilités se développant pour accorder la perception de façon optimale en correspondance avec l'exigence de la culture native. Par exemple, les enfants commencent leur vie avec une large sensibilité aux distinctions phonétiques qui sont utilisées dans toutes les langues du monde, y compris donc celles qui ne sont pas utilisées dans la langue maternelle (Trehub, 1976 ; Werker et coll., 1981). Au cours de la première année de vie, les bébés deviennent plus incompetents à discriminer les différences phonétiques qui ne sont pas utilisées dans la langue maternelle (Best et coll., 1995), et ils deviennent par contre plus compétents à discriminer les différences phonétiques qui sont utilisées (Burns et coll., 2007). La culture, comme forme d'expérience, peut pénétrer certains systèmes perceptuels ainsi profondément, et causer un déficit permanent dans la capacité à traiter des informations provenant d'une culture non-native. Nous préférons ce qui correspond à notre culture native, comme les visages (Kinzler et coll. 2007), la parole (Byers-Heinlein, Burns, Werker, 2010), ou les chansons. Nous

nommons et nous nous souvenons mieux des couleurs (Bornstein, 1985), des formes, et des tracés même spatiaux (Levinson, 1997) portant l'importation de notre culture natale. À ce titre, la culture façonne la perception et la perception, à son tour, forme la culture (Werker, Maurer, & Yoshida, 2009).

Les différences interculturelles semblent être plus prononcées dans la modalité visuelle, en particulier dans la capacité à percevoir la forme et l'orientation de figures géométriques simples. Cette dernière question est considérée par certains comme liée aux caractéristiques des styles d'art, ou des habitudes de lecture et d'écriture. Le rôle de l'information visuelle a aussi été montré et les feedbacks visuels semblent essentiels dans le choix de la direction des mouvements (Gullaud & Vinter, 1998). Effectivement, des chercheurs ont suggéré que les polarisations directionnelles résultant des habitudes de lecture peuvent se généraliser à du matériel non verbal en modalité visuelle (Corballis, 1986) et même en modalité auditive (Bertelson, 1972).

- Rôle des pratiques culturelles sur la cognition

La conviction de l'anthropologiste Benedict (1943) de la structuration cohérente de la vie psychologique par l'environnement culturel, a été élargie au cours de la dernière moitié du XXe siècle dans un grand programme de travail interculturel qui a été appelé la psychologie "éco-culturelle" (Greenfield, Keller, Fuligni, & Maynard, 2003).

Diverses études ont établi que la culture est plus qu'un "ajout" à un processus phylogénétiquement déterminé du développement cognitif. Il existe suffisamment de preuves ethnographiques et expérimentations sociales indiquant que la culture est transmise génétiquement par des processus cognitifs et perceptuels et par la modélisation ou par l'observation des événements, des personnes et des symboles verbaux et picturaux (Calhoun, 1956; Shore, 1996). La question de culture, selon les termes de Geertz (1973), est un élément du processus de développement cognitif parce que les héritages biologiques et culturels de l'être humain ont fait partie du même processus d'homínisation depuis des millions d'années. Le rôle de la culture est complémentaire au rôle des processus biologiques dans le développement ontogénétique, lourdement contraint par l'histoire phylogénétique.

Pour ce qui concerne la connexion entre les modèles culturels, les styles cognitifs, et les pratiques culturelles, il n'y a jusqu'à présent aucun accord ferme parmi les érudits. Certaines recherches adhèrent à l'idée que les grands styles cognitifs, acquis dans des pratiques culturelles spécifiques, sont basés sur les modèles historiquement accumulés d'une société. Les études comparant les asiatiques de l'est avec les européens et les américains trouvent que leurs styles cognitifs impactent la cognition humaine pratiquement dans tous les domaines de l'expérience humaine, des conceptions

de soi aux formes de perception, à l'attention, la résolution de problèmes, ou l'interaction sociale (Ji, Peng, & Nisbett, 2000 ; Nisbett, Peng, Choi, & Norenzayan, 2001). D'autres mettent plus l'accent sur les pratiques culturelles comme point principal de variation culturelle dans le développement cognitif, et considèrent que les modes de comportement appris dans des pratiques culturelles spécifiques deviennent généraux dans un groupe culturel. Selon Scribner et Cole (1981), si les utilisations de l'écriture sont peu nombreuses, le développement des compétences qu'elles induisent sera également limité à accomplir une gamme étroite de tâches dans une gamme également étroite d'activités et de domaines.

La connaissance culturelle et l'expérience sociale de l'individu fournissent les cadres interprétatifs qui guident son raisonnement et les processus de résolution de problèmes. En d'autres termes, il y a un aspect de «cultural boundness » dans les processus cognitifs (Pribram, 1971 cité par Pérez-Arce, 1999). Puisque ces schémas intériorisés dirigent le traitement d'informations relatif aux convictions, valeurs, ou rôles sociaux, il est plus difficile pour l'individu de changer ces schémas, même si de nouvelles informations convaincantes sont fournies.

Le défi pour les chercheurs impliqués dans les liens entre le culturel et le développement cognitif est d'établir de manière plus systématique le degré de généralité des modèles culturels à travers les pratiques, leurs sources, et leurs conséquences sur la cognition, pour pouvoir prétendre à une bonne compréhension des modes complexes dans lesquels la culture et le développement cognitif se rapportent l'un à l'autre (Cole & Cagigas, 2009).

- Tendances directionnelles liées aux habitudes de lecture et d'écriture.

Certaines langues sont écrites et lues de haut en bas, d'autres de gauche à droite, et d'autres également de droite à gauche. Il est raisonnable de considérer que les caractéristiques de la langue utilisée dans une culture affectent différents aspects du comportement des individus. L'influence des habitudes d'écriture rend compte des résultats relatifs aux activités motrices directionnelles.

D'après Alter (1989), la directionnalité pourrait être liée à un biais directionnel du balayage visuel. Effectivement, des chercheurs ont argumenté que les polarisations directionnelles résultant des habitudes de lecture peuvent se généraliser à du matériel non verbal dans la modalité visuelle (Corballis, 1986) et dans la modalité auditive (Bertelson, 1972 ; Bertelson & Tisseyre, 1972). De plus en plus de travaux soulignent l'influence des habitudes de lecture (direction de l'exploration visuelle de gauche à droite pour les langues occidentales) sur les performances dans des tâches non liées au langage (Chokron & De Agostini, 1995).

L'effet de biais directionnel lié aux habitudes de lecture a été proposé comme une alternative à des interprétations d'asymétries comportementales observées dans des tâches non-verbales basées sur l'activation hémisphérique. Le biais directionnel à gauche et la progression gauche-droite sont trouvés largement chez les sujets ayant des langues écrites de gauche à droite, alors que cette tendance est inversée dans les cultures où l'écriture se fait de droite à gauche. Cette différence entre les deux habitudes culturelles a été notée dans différentes tâches directionnelles, telles que la préférence esthétique (Nachshon, 1985 ; Nachshon, Argaman, & Luria, 1999 ; Chokron & De Agostini, 2002), la bissection de lignes (Chokron & De Agostini, 1995, Fagard et Dahmen, 2003), le test de perception de visages chimériques (Vaid & Singh, 1989 ; Heath et coll, 2005), les règles graphiques (Goodnow et al., 1973 ; Leiblich, Ninio, & Kugelmass, 1975 ; Kugelmass & Leiblich, 1979 ; Wong & Kao, 1991), et la vitesse de production de points (Sakhuja, Gupta, Singh, & Vaid, 1996 ; Vaid, 1998 ; Fagard & Dahmen, 2004).

Shimrat (1973) a utilisé le subtest des codes de la WISC avec des élèves américains qui parlent l'hébreu et l'anglais et des élèves américains qui parlent l'anglais. Il a observé que les derniers remplissaient mieux les codes dans le sens gauche-droite tandis que les premiers obtenaient de meilleurs résultats dans la direction opposée. Ces résultats confirment ceux de Dennis et Raskin, (1960) rapportant que les iraniens et les hébreux préfèrent commencer leurs dessins en haut et à droite de la feuille, plutôt qu'en bas et à gauche comme les occidentaux

Selon Hebb (1949), les habitudes de lecture auraient une influence importante sur la direction choisie par les processus visuels. Il a testé cette hypothèse avec une tâche visuelle de reconnaissance de mots, administrée à des sujets lisant l'anglais ou l'hébreu. Il a observé que les mots anglais sont nettement mieux reconnus dans l'hémichamp visuel droit, alors que les mots hébreux sont mieux reconnus dans l'hémichamp visuel gauche. Cette asymétrie ne peut pas être due à des différences hémisphériques, mais bien aux habitudes de lecture dans chaque langue. Il a également noté que l'empan de lettres en lecture est asymétrique, 4 caractères à gauche du point de fixation et 15 à droite, pour les langues se lisant de gauche à droite, et que cette anticipation en aval du texte est inversée en hébreu.

Il est possible que le biais directionnel soit influencé par deux effets, latéralité et sens de lecture. Heath et al. (2005) ont examiné le biais directionnel dans l'épreuve de visages chimériques, chez des participants qui n'ont connu que le script de gauche à droite (alphabet latin), qui n'ont connu que le script de droite à gauche (écriture arabe), qui ont l'expérience des deux scripts, et des participants illettrés qui n'ont aucune expérience de script directionnel. Ils ont trouvé que le biais directionnel à gauche est démontré chez les lecteurs du script romain, les lecteurs arabes font preuve d'une directionnalité mixte ou faible vers la droite, les lecteurs des deux scripts montrent des préférences intermédiaires entre ceux arabes ou romains, et les analphabètes montrent un léger biais

vers la gauche. Heath et al (2005) ont conclu que les effets de polarisation dans la perception de visages chimériques sont dus à la fois aux mécanismes de l'hémisphère droit, et aux habitudes culturelles. Par ailleurs, Singh et Vaid, et Sakhuja (2000) ont mené une étude avec les Indis et Urdu qui devaient dessiner une ligne de 3 cm en utilisant chaque main et dans les deux directions. Les résultats ont montré que les habitudes culturelles influencent la performance de l'estimation de longueur de ligne à dessiner plus que la latéralité.

En revanche, certains chercheurs font l'hypothèse qu'il existerait une tendance à scanner des stimuli en démarrant en haut et à gauche d'un pattern visuel indépendamment de toute influence culturelle (Abed, 1991 ; Braine, 1986 ; Nachshon, Shefler, & Samocha, 1977). Abed (1991) a testé l'influence de la culture dans une tâche de balayage visuel chez des sujets adultes représentant les cultures de l'Ouest (américains), du Moyen Orient (iraniens, saoudiens, israéliens), et de l'Est asiatique (chinois, japonais, coréens). Aucune différence entre les trois groupes culturels n'est observée pour ce qui concerne la localisation de fixation, tous débutant l'exploration de la zone en haut et à gauche du stimulus. Toutefois, la tendance directionnelle gauche-droite était plus faible chez les sujets à écriture droite-gauche que chez les autres.

De plus, il est probable que des caractéristiques du stimulus influencent l'orientation de l'exploration visuelle (Keenan, 1972). Nachshon, Shefler, et Samocha (1977) ont comparé le balayage visuel de différents stimuli chez des sujets ayant des habitudes de lecture opposées, anglais et hébreux. L'ensemble des résultats montrent que les deux groupes scannent les stimuli non-linguistiques et les lettres anglaises dans la direction gauche-droite tandis qu'ils tendent à balayer les lettres hébraïques dans la direction droite-gauche, la préférence des hébreux étant complète pour la direction droite-gauche pour les lettres hébraïques.

Certaines études montrent également que la directionnalité des hébreux n'est pas strictement opposée à celle des anglais, elle reste assez vague. Nachshon et Alek (1981) ont observé le balayage visuel chez des sujets anglais, hébreux et arabes. Ces auteurs rapportent que les anglais montrent une préférence pour l'exploration visuelle gauche-droite, les Arabes préfèrent l'exploration visuelle droite-gauche, alors que les Hébreux n'ont pas de préférence claire. Weiss (1969) a réalisé une série d'investigations consacrées à la comparaison des habitudes d'écriture dans la direction utilisée pour tracer 4 figures horizontales de Bender Gestalt (numéro 1, 2, 3, 6). La plupart des sujets tracent ces figures de gauche à droite. Weiss en a conclu que la manière de construire ces figures est profondément indépendante des habitudes de lecture et d'écriture.

Selon Leiblich, Ninio, et Kugelmass (1975), la préférence directionnelle chez les hébreux est due à leur mode d'écriture spécifique de nombreuses lettres hébraïques dans un style non-cursif s'écrivant isolément dans la direction gauche-droite, comme en anglais. En revanche, la plupart des lettres arabes sont écrites de droite à gauche, une raison pour laquelle la préférence directionnelle

droite-gauche a été trouvée plus forte et plus cohérente pour les lecteurs arabes que pour les lecteurs de l'hébreu.

III. Développement de la directionnalité graphique pendant l'enfance

Très tôt, le jeune enfant réclame un papier et un crayon pour gribouiller. Son désir d'imiter ses aînés le conduit d'ailleurs à interpréter ses traces en tant que dessin ou écriture. Cependant, en tant qu'activité graphomotrice, pouvoir tracer nécessite le développement de plusieurs capacités perceptives et motrices, préalables à la réalisation des premiers tracés. Ainsi, il semble qu'il existe des tendances innées de développement dans la directionnalité vers la gauche ou vers la droite.

- L'évolution de l'acte graphique

Blot et Van Haasteren (1989) ont montré que différents changements apparaissent dans le comportement de dessin entre 1 et 4 ans. À cette période, l'enfant doit apprendre à maîtriser la position de la main, des doigts, et du bras pendant la réalisation du dessin. Au niveau moteur, les enfants entre 1 et 2 ans ont un comportement immature, la main passive n'étant positionnée ni sur la feuille ni sur la table, l'avant bras étant quelques fois levé avec le crayon tenu loin de la mine.

Des étapes très générales de l'évolution de l'acte graphique sont décrites par Lurçat (1974), qui est une des principaux auteurs à s'être intéressés au développement précoce de la graphomotricité chez l'enfant. Elle distingue trois niveaux dans cette évolution, niveau moteur, niveau perceptif, et le niveau de la représentation. Au niveau moteur, le jeune enfant de 2 ans produit principalement des mouvements de balayage avec les deux mains et exerce essentiellement un contrôle kinesthésique sur la trace. Ensuite, il parvient à réaliser des tracés circulaires, uniquement dans un sens au début et puis dans les deux sens vers 3 et 4 ans. Au niveau perceptif, l'enfant entre 2 et 3 ans va pouvoir exercer un contrôle visuel sur sa production. Un changement qualificatif apparaît vers 3 et 4 ans et permet l'objectivation de l'acte graphique, où l'enfant va produire une trace pour représenter un objet. Le comportement a nettement évolué vers 4 ans, l'avant-bras est entièrement sur la table, et parallèle à la ligne de dessin. La main n'est pas levée, le crayon reste appuyé contre la deuxième phalange du majeur. A partir de 6 ans, de nouvelles liaisons visuo-motrices s'établissent, rendant possible la copie de formes géométriques représentationnelles plus ou moins complexes.

Des étapes générales de développement ont été décrites chez l'enfant, donnant lieu à des théories développementales en stades quelquefois. Ces étapes ont été étudiées en rapport aux aspects cinématiques (Meulenbroek & Van Galen, 1988), aux aspects sémantiques « symboliques » (Luquet, 1972 ; Lurçat, 1974 ; Freeman, 1980) et aux aspects syntaxiques (Goodnow & Lévine, 1973 ; Neihl, 1980 ; Van Sommers, 1984 ; Vinter, 1994).

- **Changement de préférence directionnelle dans les tâches grapho-motrices chez les enfants**

Différents changements développementaux dans la préférence directionnelle ont été mis en évidence dans les activités graphiques. Gesell et Ames (1946) ont étudié les dessins de figures géométriques chez les enfants de 18 mois jusqu'à 7 ans. Ils ont conclu que la tendance directionnelle dépend de prédispositions neuromotrices déterminées par la maturité de l'enfant, et que la directionnalité des traits horizontaux est déterminée par l'âge des sujets plutôt que par la manualité. Pour les segments isolés, la plupart des enfants de plus de 2 ans tracent le segment de gauche à droite, alors que dans le dessin de croix, 29% des enfants de 2 ans dessinent le segment horizontal de gauche à droite. La préférence gauche-droite augmente avec l'âge et apparaît plus claire, dans 60% des dessins de 5 ans, et elle devient plus dominante à 76% à l'âge de 7 ans et à 90% chez les adultes. Par contre, Weiss (1969, 1971, 1975), avec les sujets israéliens, arrive à la conclusion que le changement de la directionnalité du dessin augmente avec l'âge, passant d'une direction assez vague à l'âge de 4 ans à une direction de gauche à droite sans ambiguïté en Brevet (92%), et un plateau à 87% et 81 % chez les enfants en CE2 et en 5^{ème}. Ceci peut refléter que les tendances directionnelles innées sont dominées par l'influence des habitudes de lecture et d'écriture. Toutefois, diverses études suggèrent que la tendance de départ à gauche de la feuille et de progression dans la direction gauche-droite est appliquée par les enfants dès 4 à 5 ans (Goodnow & Levine, 1973 ; Van Sommers 1984 ; Vinter, 1994).

- **Changement de préférence directionnelle dans l'exploration visuelle chez les enfants**

De nombreuses expériences ont été entreprises pour démêler l'effet des habitudes de lecture et de maturation cérébrale sur la direction préférée dans le balayage visuel de stimuli non-directionnels chez les enfants. Les résultats soulèvent la question de l'origine du balayage directionnel préférentiel:

innée en fonction de la maturation cérébrale, ou acquise selon les habitudes de lecture et les indices de l'environnement.

Certains auteurs ont considéré que la tendance de balayage de gauche à droite est observée chez les enfants les plus jeunes et suggèrent que la tendance gauche-droite est la conséquence des facteurs maturationnels et des expériences visuelles produites avant l'apprentissage de lecture chez les plus jeunes enfants (Matheny, 1972 ; Shannon, 1978). Chen (1981) rapporte que les enfants chinois, en dépit de leurs habitudes de lecture, ont tendance à scanner les stimuli en allant de gauche à droite, et que cette tendance ne se renforce pas avec l'âge. Il propose que cette tendance directionnelle chez l'enfant est due à son développement neural perceptif plutôt qu'aux habitudes de lecture. De même, Nachshon et Alek (1981) ont montré que les enfants de culture hébraïque tendent à scanner des stimuli visuels présentés de gauche à droite, à l'exception des lettres hébraïques dans la direction droite-gauche. Toutefois, Nachshon et Alek (1981) rapportent que la préférence à scanner visuellement dans la direction gauche-droite augmente avec l'âge et que l'évolution de la préférence directionnelle est influencée par l'apprentissage de la lecture.

Dans une série d'études portant sur le développement de la perception, Elkind et collaborateurs (Elkind, Kogler, & Go, 1964; Elkind & Scott, 1962; Elkind & Weiss, 1967) ont soutenu l'hypothèse que la performance perceptive de l'enfant est conjointement déterminée par la nature de la configuration du stimulus et le niveau développemental de l'enfant. Une démonstration de cette relation a été trouvée dans une tâche impliquant l'exploration perceptive du balayage visuel, et la manière systématique ou non selon laquelle les enfants ont progressivement nommé des objets communs disposés sur une carte (Elkind & Weiss, 1967). Même quand les objets ont été disposés dans une configuration non structurée, les enfants plus âgés (7-8 ans) ont nommé ces objets de façon plus systématique que les plus jeunes (5-6 ans). Lorsque les objets ont été disposés pour former un triangle, les jeunes enfants nomment systématiquement les objets en fonction de la configuration. Cependant, les auteurs ont trouvé que les enfants à l'âge scolaire ont ignoré l'aspect triangulaire de la forme, en préférant une séquence de gauche-droite. L'explication des investigateurs était que les modes d'exploration visuelle deviennent plus systématiques avec l'âge, mais peuvent être modifiés par une formation spécifique. Avec l'apprentissage de la lecture à l'école, beaucoup d'enfants optent pour une tendance gauche-droite pour l'exploration de n'importe quel tableau, sans tenir compte de la force de ses propriétés de forme.

Dans une tâche d'exploration visuelle avec un groupe ayant des habitudes de lecture allant de droite à gauche, Kugelmass et Lieblich (1970) ont montré que les enfants israéliens plus âgés (7-9 ans) explorent plus systématiquement que les plus jeunes enfants (4-6 ans), et que l'apparition d'une direction droite-gauche dans l'exploration de tableaux structurés et non structurés est reliée avec le

début de l'apprentissage à l'école. Cependant, ils ont trouvé aussi que la tendance systématique à explorer de gauche à droite augmente avec l'âge.

Nous proposons de façon plus détaillée l'évolution de la directionnalité dans différentes activités graphiques pendant l'enfance, au début de chaque chapitre expérimental.

IV. Tendances directionnelles : produit d'une interaction entre des facteurs biomécaniques et environnementaux

Les tendances directionnelles qui s'observent dans différentes activités graphiques s'expliquent par certains facteurs : en premier, un facteur biomécanique (Reed & Smith, 1961). Les mouvements d'extension vers l'extérieur du corps sont observés par Reed et Smith (1961) chez les enfants âgés de 9 à 13 ans. Ainsi, Tan (1982) a rapporté ces mêmes tendances de mouvement « outward » chez les enfants de 4 ans.

En accord avec la loi des mouvements vers l'extérieur décrite par Reed et Smith (1961), le mouvement de la main droite est plus rapide, plus flexible, et plus précis dans le sens des mouvements vers l'extérieur que des mouvements de flexion vers l'intérieur (Dreman, 1974; Van Sommers, 1984). Mais des facteurs cognitifs peuvent contrecarrer les préférences biomécaniques. Si, par exemple, les traits horizontaux sont habituellement exécutés de gauche à droite, en dessinant une flèche se dirigeant vers la gauche, les mêmes individus peuvent tracer le trait horizontal de droite à gauche, dans la direction de la flèche (Van Sommers, 1984).

La tendance biomécanique est renforcée ou non par le sens de lecture et d'écriture et, de ce fait, varie avec l'âge du sujet selon l'apprentissage formel de la lecture (Gesell & Ames 1946 ; Weiss 1965 ; Bradshaw & Sharp, 1995 ; Fagard & Dahmen 2003). De même, le sens directionnel de lecture d'une langue influence le sens habituel de l'exploration visuelle (Kugelmass & Liebllich, 1979 ; Abed, 1991) et les asymétries directionnelles visuelles (Alter, 1989 ; Chokron & De Agostini, 1995). Toutefois, les influences culturelles liées aux habitudes de lecture et d'écriture peuvent prendre du temps pour former le comportement directionnel de l'individu. Les différents changements de directionnalité à partir de 5 – 6 ans peuvent s'expliquer par l'effet de la scolarité sur la manière d'effectuer les mouvements, à savoir le départ en haut et à gauche, ainsi la direction haut-bas, et gauche-droite, qui sont dominants dans l'écriture alphabétique (Goodnow & Friedman, 1972 ; Vinter, 1994 ; De Agostini & Chokron, 2002 ; Fagard & Dahmen, 2003). Par ailleurs, l'effet de l'apprentissage d'une langue s'écrivant de droite à gauche est une explication de la diminution de la

tendance directionnelle gauche-droite avec l'âge (Fagard & Dahmen, 2003 ; Goodnow, 1977 ; Leiblich, Ninio, & Kugelmass, 1975).

Dans cette perspective, la directionnalité peut être considérée comme le produit émergent d'une interaction complexe entre deux types d'influences : des influences liées aux contraintes biomécaniques, et des influences liées au facteur culturel.

V. Objectif et hypothèses de ce travail

L'objectif général de notre thèse est d'étudier la directionnalité dans les mouvements graphiques chez des enfants et des adultes de cultures différentes, lorsqu'ils utilisent leur main dominante ou non dominante pour produire la tâche. Dans nos études, des participants français et syriens ont été comparés afin de mettre en évidence les différences cognitives et psychomotrices engendrées par le fait que les cultures occidentales et orientales s'opposent sur la directionnalité majeure de l'écriture et de la lecture, de gauche vers la droite pour l'une, de droite vers la gauche pour l'autre, et que les deux mains s'opposent sur la directionnalité en adoptant les mouvements d'extension vers l'extérieur déterminés par des contraintes biomécaniques.

Trois grandes hypothèses peuvent être formulées à ce sujet. Tout d'abord, l'effet des habitudes de lecture et d'écriture se remarquera dans la préférence directionnelle dans des tâches non liées au langage, de gauche à droite pour les français, cette préférence étant pourtant inversée chez les syriens habitués à une écriture allant de droite à gauche (Dennis & Raskin, 1960 ; Leiblich, Ninio, & Kugelmass, 1975 ; Goodnow, 1977 ; Vaid, 1995 ; Fagard & Dahmen, 2003). Il a été montré que la variable critique qui affecte la directionnalité dans les dessins est la directionnalité utilisée pour l'écriture des lettres seules, pas la directionnalité générale de l'écriture (Goodnow, Friedman, Bernbaum, & Lehman, 1973; Leiblich, Ninio, & Kugelmass, 1975). Le système d'écriture arabe est dirigé de droite à gauche à la fois pour la composante morphocinétique (lettres) et la composante topocinétique (mouvements sur des lignes horizontales). Les oppositions entre les français et syriens seront donc plus importantes qu'entre occidentaux et hébreux. Cependant, les deux groupes culturels sont comparables sur deux facteurs importants. L'instruction systématique à la lecture et écriture est introduite quand les enfants ont 6 ans dans les deux pays, et une instruction pré-formelle commence aussi en période de maternelle dans les deux systèmes d'éducation. En outre, jusqu'à récemment, les enfants syriens n'ont pas reçu de cours dans une deuxième langue (Occidentale), ce qui minimise ainsi les effets dus à l'exposition à une directionnalité opposée à celle utilisée dans leur propre langue.

La seconde hypothèse générale est que la tendance biomécanique, qui influence inversement la main droite et la main gauche, peut entrer en compétition avec les habitudes culturelles : chez les droitiers habitués à lire et à écrire dans une direction de droite à gauche (Syriens), cela sera le cas quand ils utilisent leur main droite, alors que pour les personnes ayant des habitudes de lecture et d'écriture de gauche à droite (Français), le conflit entre les tendances biomécaniques et les habitudes culturelles apparaîtra lorsqu'ils utilisent la main gauche. Nous anticipons en conséquence un fonctionnement très proche, entre français et syriens, lorsqu'ils utilisent leur main gauche. Les français devraient tracer dans la direction liée aux mouvements d'extension vers l'extérieur avec leur main gauche, donc de droite à gauche, adoptant un comportement "miroir" à celui de la main droite pour des contraintes biomécaniques (Reed & Smith, 1961 ; Van Sommers, 1984 ; Braswell & Rosengren, 2000). Les syriens devraient, eux aussi, dessiner de droite à gauche avec leur main gauche, répondant ainsi à la fois aux contraintes biomécaniques et aux contraintes culturelles.

Enfin, la comparaison entre ces deux groupes culturels sera d'un intérêt particulier pour déterminer la force relative du facteur biomécanique et des habitudes de lecture et d'écriture au cours de développement. Nous prédisons que les comportements directionnels des enfants les plus jeunes d'âge préscolaire (3, 4, et 5 ans), sont dominés par des propriétés biomécaniques générales dans les deux cultures, alors que la tendance directionnelle des enfants plus âgés sera dominée par l'effet des habitudes dominant dans leurs systèmes d'écriture.

Notre travail expérimental contient 6 expériences majeures, qui répondent à différents questionnements autour de cette problématique.

1. Etudier les syntaxes de production graphique

Les activités grapho-motrices impliquant la perception, la cognition et la motricité, comme le dessin et l'écriture, peuvent être étudiées à différents niveaux d'analyse qui correspondent à différents niveaux de contrôle du mouvement : sémantique (ce qui est représenté), syntaxique (comment le mouvement débute et progresse), géométrique (le mouvement dans l'espace), cinématique (le mouvement dans l'espace et du temps). L'étude du niveau syntaxique fait référence au « comment », c'est-à-dire à la manière dont le sujet organise la réalisation des mouvements graphiques.

L'analyse syntaxique a reçu un intérêt particulier puisqu'elle représente une interface entre des contraintes de haut niveau cognitives et des contraintes de bas niveau biomécaniques (Thomassen, 1992). Le niveau syntaxique a été décrit en terme de systèmes de règles, déterminant a priori la probabilité de production de séquences de mouvements graphiques (Goodnow & Lévine, 1973 ; Simner, 1981 ; van Sommers, 1984). Ces règles graphiques, spécifiant la position de départ, le sens de

progression et le séquençage du mouvement, ont été considérées comme définissant une « grammaire de l'action » (Goodnow & Lévine, 1973), par analogie à la grammaire du langage. Les recherches portant sur la « grammaire de l'action » se situent principalement dans une perspective développementale (Lieblich, Ninio, & Kugelmass, 1975 ; Nihei, 1980, 1983 ; Vinter, 1994, 1999) et s'intéressent secondairement à l'impact de facteurs éducatifs (Lurçat, 1974 ; Vinter & Meulenbroek, 1993) ou culturels (Kugelmass & Leiblich, 1979 ; Wong & Kao, 1991).

L'expérience 1 présentée dans le premier chapitre concerne l'étude du respect des règles graphiques chez l'enfant et l'adulte. Nous demandons aux sujets de copier des figures géométriques plus ou moins complexes avec la main droite et la main gauche, et nous analysons la syntaxe qu'ils ont utilisée à cet effet. Cette expérience est divisée en trois parties : La première partie concerne la comparaison entre deux groupes de sujets français et syriens à l'âge adulte. La deuxième partie étudie la production graphique chez deux groupes d'enfants français et syriens âgés de 3 à 9 ans. La troisième partie présente la comparaison entre les résultats des enfants et des adultes en réduisant les données aux figures communes aux deux groupes.

Le but de l'expérience 1 est d'étudier l'organisation syntaxique dans une tâche de copie de figures géométriques à partir de deux niveaux : le niveau local concerne le schéma séquentiel suivi par le sujet quand il copie un pattern géométrique, le niveau global rend compte de la réalisation des unités et l'ordre dans lequel les unités sont exécutées pour reproduire un pattern plus ou moins complexe. La question principale qui nous intéresse est de savoir dans quelle mesure les contraintes de bas niveau biomécaniques et les contraintes de haut niveau cognitives (et culturelles) agissent sur le déroulement de l'activité de dessin au cours de développement.

L'expérience 2 présentée dans le deuxième chapitre est dédiée à l'étude de la production du cercle à partir de différents points de départ chez l'enfant en utilisant sa main droite et sa main gauche. Conformément au « start rotation principle » (SRP) décrit par Van Sommers (1984), et aux résultats de Meulenbroek, Vinter, et Mounoud (1993), cette expérience vise à mettre en évidence un lien entre le point de départ et le sens de rotation suivi par le sujet. D'autre part, nous nous attendons à trouver une différence entre les deux cultures à l'âge scolaire, puisque les écritures alphabétiques occidentales nécessitent d'effectuer un mouvement circulaire dans le sens anti-horaire, alors que les lettres nécessitant un mouvement circulaire sont rares dans l'écriture arabe. Nous chercherons à savoir dans quelle mesure les habitudes d'écriture et la position de départ influencent le fonctionnement de chaque main utilisée.

2. Perception et utilisation de l'espace

Dans quelle mesure la culture et les contraintes biomécaniques influencent-elles les tendances directionnelles dans la perception et l'utilisation de l'espace ? On sait que les tâches visuo-spatiales telles que le dessin activent l'hémisphère droit plus que l'hémisphère gauche, ce qui induit un biais attentionnel vers la gauche. Certains auteurs font l'hypothèse que le biais à gauche est lié à une sur-activation de l'hémisphère controlatéral droit en réponse à la nature spatiale de la tâche (Kinsbourne, 1970). Nous avons réalisé deux expériences en adoptant deux types différents de tâches visuo-spatiales : la tâche de bissection de lignes (Expérience 3), et la tâche de dessins de profil (Expérience 4). L'objectif de ces deux expériences est de comparer l'asymétrie directionnelle de l'espace chez l'enfant et l'adulte, de culture française et syrienne. Très peu d'études ont examiné les effets combinés de la culture et des facteurs biomécaniques dans les tâches visuo-spatiales sur une large gamme d'âges. Nous avons élargi la gamme d'âges d'enfants étudiés par rapport aux études déjà signalées dans la littérature pour que nous puissions mieux observer les changements d'asymétrie directionnelle.

L'utilisation du protocole de bissection de lignes avec des sujets normaux a démontré une perception asymétrique de l'espace sous la forme d'un biais à gauche lorsque le sujet doit estimer le milieu d'une droite horizontale (Bradshaw et coll., 1987 ; Bowers & Heilman, 1980 ; Sampaio & Philip, 1991 ; Sampaio & Chokron, 1992). L'activation de l'hémisphère droit conduirait à une amélioration de l'hémiespace perçu gauche, induisant une déviation à gauche du milieu subjectif lorsque le sujet doit bissecter la ligne (Kinsbourne, 1972-1973 ; Bradshaw et coll., 1985, 1987 ; Scarisbrick, Tweedy, & Kuslansky, 1987). D'autres auteurs montrent qu'une habitude opposée de lecture conduit à un biais directionnel opposé dans la tâche de bissection (Halligan et coll., 1991 ; Chokron & Imbert, 1993 ; Fagard & Dahmen, 2003). Dans notre troisième expérience (test de bissection de ligne), nous prédisons que la direction des habitudes culturelles influencera la position de la bissection. Quelques divergences apparaissent dans la littérature pour ce qui concerne la relation entre la manualité et le déplacement de milieu subjectif vers la gauche. Comparativement à Fagard et Dahmen (2003), nous nous intéressons dans cette expérience à la manière dont le sujet devrait dévier du milieu objectif en utilisant sa main droite et sa main gauche, et comment l'effet des contraintes biomécaniques interagit avec les habitudes de lecture et d'écriture au cours de développement. Nous avons également introduit la variable de la longueur des lignes, comme facteur secondaire pouvant influencer les erreurs d'estimation du milieu objectif de la ligne.

La question d'un choix préférentiel pour une orientation à gauche ou à droite des dessins de profil a été étudiée dans l'Expérience 4. La tâche de dessins de profil est un autre type de tâche visuo-spatiale où l'activation unilatérale d'un hémisphère cause un biais attentionnel pour l'hémichamp controlatéral. Le dessin de profil a été un des moyens pour évaluer la latéralité depuis très longtemps, en observant la direction dans laquelle le profil est orienté (Wilson, 1885). Les droitiers dessinent le

profil orienté à gauche tandis que les gauchers le dessinent vers la droite (Takala, 1951 ; Jensen, 1952 ; Alter, 1989 ; Shanon, 1979 ; Vaid, 1995 ; Karev, 1999 ; Viggiano & Vanucci, 2002). La relation entre la latéralité manuelle et l'orientation de dessin n'est pas claire, le rôle de l'utilisation de la main n'a pas été suffisamment étudié. Néanmoins, il semble probable que le facteur manuel ait un impact important sur la directionnalité, parce que les mouvements d'extension vers l'extérieur sont préférés aux les mouvements fléchisseurs vers l'intérieur (Dreman, 1974; Van Sommers, 1984). La latéralité manuelle ne représente toutefois qu'un facteur parmi d'autres en jeu dans la direction choisie pour dessiner un profil. Des facteurs culturels de préférence esthétique jouent un rôle dans le choix d'une direction préférée (Vaid, 1995 ; De Agostini & Chokron, 2002). D'autre part, l'orientation du dessin d'objets peut être liée au caractère fonctionnel de l'objet et à la position d'utilisation d'un objet avec la main droite ou la main gauche stockés dans la mémoire du sujet (Zazzo, 1950 ; Van Sommers, 1984 ; Karev, 1999 ; Martin & Jones, 1999). La façon dont la dominance manuelle chez les droitiers et la culture influencent l'orientation du dessin n'est du reste pas claire, il y a des contradictions dans la littérature ce qui nous a conduit à adopter la tâche utilisée par Alter (1989) et par Karev (1999), en remplaçant et ajoutant certains items. Les études précédentes dans la littérature examinent plutôt les dessins de visages, de véhicules, et d'animaux, alors que très peu d'études ont examiné le dessin d'objets manipulables. Nous avons différencié les instruments manipulables « centrés sur soi » ou « centrés sur l'objet », à côté des catégories de dessins d'objets non manipulables, les catégories « visages », « véhicule », et « animaux », afin de pouvoir disposer de 5 catégories d'objets de nature différentes.

Les résultats des expériences 3 et 4 peuvent contribuer à la compréhension de l'origine de directionnalité. L'existence de différences de biais directionnels entre les français et les syriens surtout à partir l'âge scolaire, va nous conduire à penser les limites de l'hypothèse de l'activation et latéralisation hémisphérique. Le biais directionnel n'est pas seulement un reflet d'organisation cérébrale liée à l'hémisphère controlatéral, mais il va apparaître clairement multidéterminé.

3. La rapidité des mouvements et la précision des performances

Nous avons étudié l'influence des facteurs culturels et des contraintes biomécaniques sur la directionnalité au travers de la direction préférée et choisie spontanément par le sujet dans les expériences précédentes (1, 2, 3, et 4). Quel sera l'impact de ces deux facteurs lorsque l'enfant est obligé d'emprunter une direction précise ? Est ce que le déplacement manuel sera plus rapide dans une direction que dans l'autre ? Y a-t-il une relation entre la directionnalité de la tâche et les erreurs produites par le sujet dans la réalisation de la tâche ?

En accord avec la loi des mouvements vers l'extérieur décrite par Reed et Smith (1961), le mouvement de la main droite est plus rapide, plus flexible, et plus précis dans le sens de gauche à droite que de droite à gauche alors que c'est l'inverse pour la main gauche. En ce qui concerne l'impact de la culture, certaines études suggèrent que les sujets exécutent les activités motrices plus rapidement (Vaid, 1989 ; Fagaed & Dahmen, 2003) et plus correctement (Akthar, 1973 ; Shimrat, 1973) quand la direction de la tâche est congruente avec la direction de l'écriture et qu'ils utilisent leur main droite (dominante). En fonction de ces deux facteurs, un conflit va apparaître entre l'effet des habitudes de lecture et d'écriture et l'effet des contraintes biomécaniques lorsque la tâche est réalisée avec la main droite chez les syriens, et avec la main gauche chez les français. Nous intéressons alors dans le chapitre 5 à étudier l'impact de ce conflit sur la dynamique des mouvements en terme de rapidité des mouvements d'une part, et en terme de précision et d'attention du sujet d'autre part.

Deux types de tâches papier crayon sont utilisées dans le chapitre 5 : la tâche de remplissage de points (dot-filling) et le test de barrage. Le test de remplissage de points consiste à produire des points le plus vite possible (Stott, Moyes & Henderson, 1972 ; Tapley & Bryden, 1985 ; Bryden, Singh, Steenhuis, & Clarson, 1994). Le test de barrage des signes (Zazzo, 1972) se base sur une activité visuo-perceptive qui consiste à barrer le plus rapidement possible certains signes demandés. Il est utilisé habituellement comme une mesure générale de l'attention du sujet.

Nous avons adapté le protocole de ces deux tâches. Les performances sont analysées en termes de durée des mouvements (temps des mouvements) et de précision des performances (les erreurs produites par le sujet au cours du test), en fonction de la direction des mouvements de gauche à droite et de droite à gauche. Nous avons effectué ces tests avec les enfants syriens et français. Ces deux types de tâches sont similaires dans le sens où l'enfant doit réaliser la tâche en utilisant sa main droite et sa main gauche dans la direction gauche-droite et droite-gauche imposée. Les deux tâches se distinguent du point de vue de l'encodage. Le test de remplissage de points implique la précision de pointer au centre de chaque rectangle dans un tableau. Le test de barrage implique l'attention du sujet pour chaque signe séparément. Il est alors possible d'envisager des divergences dans les résultats à ces deux tâches. A notre connaissance, aucune autre étude similaire dans la littérature n'a étudié l'interaction entre les habitudes de culture et les contraintes biomécaniques dans la tâche de barrage. Par ailleurs, pour ce qui concerne la tâche de remplissage des points, nous avons introduit une analyse de la précision des mouvements.

Partie expérimentale

Chapitre 1 : L'application des règles de production graphique chez l'adulte et l'enfant français et syrien.

Introduction

Le dessin et le langage présentent une caractéristique commune intéressante. En effet, dans les deux cas, nous pouvons considérer soit le contenu même du message, c'est-à-dire ce qui est représenté au moyen de mots ou de symboles graphiques, soit la manière dont le sujet procède pour produire ce message. Ces deux aspects font référence respectivement au « quoi » et au « comment » de l'activité langagière. Ainsi, deux niveaux principaux d'analyse du dessin correspondent respectivement à l'étude du niveau sémantique, ou symbolique et à l'étude du niveau « syntaxique ». Le niveau d'analyse syntaxique du dessin constitue une interface entre celui où opèrent les contraintes motrices et celui où interviennent les représentations du sujet (Van Sommers, 1984).

L'analyse syntaxique du dessin a permis de mettre en évidence un ensemble de règles graphiques utilisées par les sujets pour copier des figures géométriques. Cette organisation peut être décrite à un niveau local, concerné par la manière dont chaque segment est tracé, ou à un niveau global, qui rend compte de l'ordre dans lequel les unités sont réalisées.

- *L'organisation locale*

Le niveau syntaxique est décrit en terme de systèmes de règles, déterminant a priori la probabilité de production de séquences de mouvements graphiques (Goodnow & Lévine, 1973 ; Simner, 1981 ; van Sommers, 1984). Les règles graphiques, spécifiant la position de départ, le sens de progression et le séquençage du mouvement, ont été considérées comme définissant une « grammaire de l'action » par analogie à la grammaire du langage (Goodnow & Lévine, 1973).

La première catégorie détermine la localisation du choix du point de départ de la figure. Quand le sujet copie une forme, il commence en haut plutôt qu'en bas, à gauche plutôt qu'à droite, avec une ligne verticale plutôt qu'une ligne horizontale et enfin, quand la figure présente un sommet (comme le triangle par exemple), le sujet débute en haut et descend selon un trait oblique vers la gauche. La deuxième catégorie de règles s'intéresse à la progression du mouvement. Selon les deux règles composant cette catégorie, le sujet dessine toutes les lignes verticales de haut en bas plutôt que de bas en haut et toutes les lignes horizontales de gauche à droite plutôt que de droite à gauche. Enfin,

une règle porte sur la séquence graphique entière et correspond au principe de continuité, selon lequel le sujet fournirait le moins d'effort possible pour atteindre son but, ce qui l'amène à exécuter le pattern en minimisant le nombre de levers de crayon

Les règles graphiques semblent principalement motivées par un principe d'économie : le sujet dépense le moins d'effort possible pour atteindre son but (Thomassen & Tibosch, 1991 ; Thomassen, Meulenbroek & Hoofs, 1992). Simner (1981) observe que, quand les enfants de maternelle copient les lettres et les chiffres, ils choisissent également des ordres qui exigent moins d'effort et moins de mouvements totaux. Ninio et Lieblich (1976) mesurent la quantité d'effort utile pour copier une figure globale chez les enfants. Ils trouvent que les enfants choisissent les mouvements qui exigent la plus basse dépense de l'énergie. Ce principe incite, par exemple, les sujets à exécuter le même programme moteur plusieurs fois lors de la production d'une figure. Le sujet apprécie la figure entière, puis il sélectionne les unités nécessitant la plus petite dépense d'énergie et enfin il prend en considération le besoin d'effectuer une reproduction correcte. Ainsi, le choix final correspond à la sélection des unités sur la base de leur probabilité à produire le moins d'erreurs possibles (Simner, 1981, 1984).

Nihei (1980, 1983) propose un modèle de développement en trois étapes de la manière dont les enfants produisent un pattern: La première étape, de 2 ans ½ à 5 ans, est celle de l'ancrage fixe (*fixed anchoring*) où l'enfant a un comportement de dessin basé sur une planification locale et utilise le même point de départ pour tracer deux segments. La seconde étape est celle de l'ancrage fluide (*fluid anchoring*). Vers l'âge de 6 ans, l'enfant peut planifier au niveau de la figure et il continue le dessin à partir du point final du segment précédemment exécuté. Les segments sont liés entre eux, le principe de continuité domine alors de façon rigide. La dernière étape est celle du « départ balistique », atteinte vers l'âge de 9 ans. L'enfant fait un compromis entre l'économie de son geste (principe de continuité) et le respect des règles de progression segment par segment. Cette étape est dominée par les règles de progression du haut vers le bas et de gauche à droite.

En référence au principe gestaltiste de similarité, Van Sommers (1984) a prédit qu'il est possible que le sujet tende à dessiner les éléments identiques en succession immédiate. Par exemple, dans le dessin du carré, le sujet commencerait son dessin par les deux segments verticaux ou par les deux segments horizontaux. Ce phénomène applicable dans des figures parallélépipédiques est appelé le principe des parallèles, et renvoie au fait de dessiner des parallèles en succession. À notre connaissance, aucune étude n'a spécifiquement étudié ce principe dans les dessins de figures géométriques.

- *L'organisation globale*

L'analyse syntaxique du dessin au niveau global rend compte, non pas de la réalisation des unités, mais de l'ordre dans lequel les unités sont enchaînées pour reproduire un pattern plus ou moins complexe. D'après Van Sommers (1984), la progression de l'acte graphique est dépendante de facteurs géométriques et sémantiques et deux principes peuvent rendre compte en partie de l'ordre d'exécution des unités graphiques. Le premier correspond au principe d'accrétion selon lequel le sujet a tendance à produire une unité à partir de l'unité déjà dessinée. Le second correspond au principe de progression du centre vers la périphérie (the core to periphery progression principle), selon lequel les sujets tendent à dessiner en premier les éléments génériques de l'objet, puis les éléments périphériques ayant un poids sémantique moindre. Ce principe est essentiellement d'ordre sémantique.

Pour la production de figures géométriques fermées, Van Sommers (1984) décrit le « Start Rotation Principle » (SRP) qui lie le point de départ et le sens de rotation lors de la réalisation de cercles. Ce principe lie l'emplacement du point de départ au sens de rotation suivi par le sujet. Pour les droitiers, si le point de départ se situe, en comparant le cercle à un cadran d'horloge, après 5 heures (6, 7, ... heures) jusqu'à 11 heures, le sens de rotation se fait dans le sens horaire. A l'inverse, s'il est situé après 11 heures (12, 1, ... heures) et donc avant 5 heures, le tracé se fait dans le sens anti-horaire. On observe ce principe dans 70 à 80 % des productions graphiques. Cette limite varie pour les gauchers. Meulenbroek, Vinter et Mounoud (1993) ont étudié cette relation entre le point de départ et le sens de rotation dans la réalisation du cercle chez les enfants et les adultes droitiers. Conformément au SRP, les cercles sont produits dans le sens anti-horaire quand les sujets choisissent un point de départ en haut et un sens horaire quand le point de départ est localisé en bas du cercle. Ce principe est de plus en plus respecté au cours du développement avec davantage de départs situés en haut du pattern. L'importance de ce principe peut s'expliquer notamment par le fait que le point de départ n'est pas masqué par la main quand il est en haut du cercle, alors que ce point ne peut être vu quand il est situé en bas. Le développement du SRP a été expliqué par l'évolution des actions motrices, et le passage d'un contrôle bottom-up (propre aux mouvements des enfants de 4 à 6 ans) à un contrôle top-down (vers 6-8 ans) où la planification repose sur un contrôle cognitif de haut niveau ou sur l'automatisation de la règle d'action.

Un autre principe d'organisation globale peut être lié à la question du rapport figure-fond. L'organisation du dessin est structurée par la perception visuelle, d'où la nécessité d'étudier les lois de la perception, comme la loi figure-fond. D'après la psychologie de la forme (Gestalt), la perception d'une image nécessite le surgissement d'une figure (l'avant-plan) sur un fond (l'arrière-plan). Le fond constitue le contenant de la figure, le lieu d'où elle surgit. La distinction figure-fond est une étape préliminaire de la perception visuelle qui consiste à déterminer quelles parties de l'image rétinienne correspondent à des objets (figures) et quelles parties appartiennent à l'arrière-plan

(fond). La célèbre image appelée «vase de Rubin» montre l'importance capitale du processus de distinction figure-fond dans l'identification correcte d'un objet. La forme est le critère principal pour identifier ce que l'on voit, elle caractérise l'objet, elle paraît plus précise, se poursuit par-dessus le fond, elle est plus porteuse de sens, plus facilement retenue, et elle possède des contours. Par contre, le fond est caractère de substance, il paraît plus loin, se continue derrière la figure, est moins porteur de sens, moins facilement retenu, et il ne possède pas de contours. La figure est plus claire, plus symétrique, et plus régulière que le fond, la forme attire plus notre attention plus que le fond. Puisque l'organisation du dessin est structurée par la perception visuelle, on peut s'attendre à ce que les sujets tendent à dessiner en premier la figure (l'avant-plan) et puis le fond (l'arrière-plan).

Magnan, Baldy et Chatillon (1999) ont mis en évidence un autre principe d'organisation des figures géométriques, appelé principe d'exécution centripète (PEC). Il s'agit d'un procédé d'exécution selon lequel un modèle géométrique complexe, constitué de figures emboîtées simples, est réalisé en commençant par la figure extérieure pour progresser vers la figure intérieure. L'utilisation du PEC implique que la figure extérieure délimite l'espace de dessin dans l'espace de la feuille. Cette figure sert alors de cadre de référence dans lequel l'enfant réalise la figure élémentaire suivante. A son tour, celle-ci délimite l'espace de dessin et sert de référence pour la copie de la figure.

L'étude de l'ordre dans lequel les unités sont exécutées recouvre ce qui est généralement appelé l'étude des stratégies graphiques (Osterrieth, 1945). Van Sommers (1984) a investigué comment certaines contraintes peuvent affecter les stratégies de copie de figures géométriques complexes chez les sujets adultes. Les figures utilisées sont constituées de cinq rectangles de longueurs différentes représentant des escaliers. L'auteur observe que les sujets construisent la figure région par région, les stratégies choisies étant principalement effectuées selon le principe d'accrétion. Ainsi, pour copier le modèle, Van Sommers (1984) observe généralement chez l'adulte six stratégies graphiques centrées soit sur l'élément rectangle (stratégie unitaire), soit sur le cadre de la figure (stratégie décomposée).

- Facteurs influençant la syntaxe graphique

Diverses études ont porté sur l'existence de facteurs pouvant influencer l'utilisation des règles de production graphique. Bien qu'il y ait de très nombreuses façons a priori de produire un pattern géométrique, seul un nombre limité de séquences apparaissent dans les productions des sujets. Les règles de production constituent donc une forte contrainte sur l'organisation du mouvement. Cependant lorsqu'un conflit entre règles affecte la réalisation d'une figure, alors la variabilité dans les séquences adoptées par les sujets augmente (Thomassen & Tibosch, 1991). Les tendances

directionnelles manuelles dans les dessins qui s'observent des droitiers, sont souvent inversé chez les gauchers, Van Sommers (1984), Goodnow (1977) et Chokron et De Agestini (2002) trouvent que tandis que les droitiers préfèrent tracer les traits horizontaux de gauche à droite, les gauchers préfèrent tracer les lignes horizontales dans la direction opposée. Van Sommers (1984) montre que le principe SRP varie entre les droitiers et les gauchers. Les sujets droitiers commencent la copie de cercles à droite de l'axe onze heures-cinq heures (en référence au cadran d'une montre) et effectuent une rotation anti-horaire, alors que ceux initiant la production à gauche de cet axe effectuent une rotation horaire. Concernant les sujets gauchers, quand le point de départ est situé entre une et cinq heures, le sens de rotation serait anti-horaire, les autres points de départ étant associés à une rotation horaire.

Le respect des règles de progression, comme les segments horizontaux produits de gauche à droite, dépend également de facteurs biomécaniques liés au système effecteur (Thomassen, 1992 ; Braswell & Rosengren, 2002 - 2008). Ces types de contraintes influencent la direction préférée, ce qui peut expliquer les différents comportements entre les deux mains.

L'interaction entre ces facteurs biomécaniques et les contraintes cognitives a été étudiée par Braswell et Rosengren (2002). Ces auteurs observent que les enfants de 4-6 ans utilisent souvent les mêmes procédures pour copier des patterns avec leur main dominante et avec leur main non dominante. Les enfants produisent peu de stratégies en miroir avec leur main non dominante. Ils respectent, par exemple, la règle de gauche à droite lors de dessins effectués avec la main gauche. Les contraintes cognitives semblent donc l'emporter sur les contraintes biomécaniques dans l'enfance. A l'âge adulte au contraire, la règle de gauche à droite n'est pas exécutée avec la main non dominante. Les contraintes biomécaniques deviennent plus fortes à l'âge adulte (Braswell & Rosengren 2002). Ainsi, les contraintes biomécaniques seraient particulièrement importantes, davantage de productions en miroir étant réalisées chez l'adulte.

Les facteurs culturels et éducatifs peuvent modifier la progression de gauche à droite des patterns horizontaux et le point de départ de la production des dessins. De nombreuses études se sont ainsi intéressées aux différences culturelles dans une tâche de dessin de figures. L'étude de Wong et Kao (1991) a fait une comparaison entre les Chinois et les Américains, et a montré que les chinois démarrent plus souvent avec une ligne horizontale alors que les Américains démarrent leurs dessins plutôt avec une ligne verticale.

L'étude de Lieblich et al. (1975) a comparé un groupe d'Hébreux et un groupe d'Arabes pour ce qui concerne la directionnalité du trait graphique. Les deux groupes culturels ont montré une tendance forte dans la direction haut-bas, mais ils diffèrent pour le choix de la direction du trait horizontal : les sujets Hébreux montrent une préférence de la direction gauche - droite à tous les âges, alors que les Arabes dessinent dans la direction opposée. Bien que ces deux langues s'écrivent de droite à gauche, les lettres arabes isolées s'écrivent de façon continue de droite à gauche tandis que 50

% des lettres hébraïques s'écrivent isolément dans cette direction, ce qui pose problème lors de la comparaison directe entre Hébreux et Arabes. Vaid (1995) a donc comparé les dessins réalisés par des sujets de culture indienne (une langue écrite et lue de gauche à droite), avec des sujets de culture urdu et arabe (des langues écrites et lues de droite à gauche). Elle a trouvé que les indiens commencent leurs dessins en haut et à gauche de la feuille, alors que les Urdu et les Arabes débutent leurs dessins en haut et à droite. De même, Dennis et Raskin (1960) ont observé une préférence chez les iraniens et les hébreux à commencer leurs productions en haut et à droite de la feuille pour le dessin des figures humaines.

Goodnow et al. (1973) ont constaté que les enfants israéliens respectent des principes graphiques semblables aux enfants des États-Unis lorsqu'ils copient les figures géométriques, à l'exception de quatre aspects. Les enfants israéliens préfèrent commencer de droite à gauche. Quand la figure a un apex, ils dessinent la première oblique vers la droite. Ils commencent davantage par les traits horizontaux et dessinent de manière discontinue plutôt que continue. Enfin, Goodnow et al (1973) ont constaté que les enfants des États-Unis tendent à tracer des cercles dans un sens anti-horaire alors que les Israéliens dessinent dans un sens horaire. Dans notre étude qui comparera des enfants français à des enfants syriens, nous nous attendons à ce que les résultats des syriens diffèrent des résultats des hébreux tels que rapportés par Goodnow et al (1973), à cause du mode d'écriture particulier en arabe.

Concernant l'influence de la manualité dans différentes cultures, Vaid et al. (2002) montrent que la différence entre les cultures Indi et Urdu apparaît clairement lorsqu'ils produisent les figures avec la main droite, alors qu'ils montrent une préférence semblable pour progresser de droite à gauche lorsqu'ils utilisent la main gauche.

Notre étude porte sur 2 groupes expérimentaux distincts en fonction de leur culture, un groupe de culture occidentale (Français) et un groupe de culture arabe (Syriens). Dans cette recherche, nous demandons aux sujets de copier des figures géométriques plus ou moins complexes avec la main droite et la main gauche, et nous analysons la syntaxe qu'ils ont utilisée à cet effet. Cette recherche est divisée en trois parties : La première partie concerne la comparaison entre deux groupes de sujets adultes, la deuxième partie de notre expérience étudie deux groupes d'enfants âgés de 3 à 9 ans, un groupe d'enfants français et un groupe d'enfants syriens. La troisième partie présente la comparaison entre les résultats des enfants et des adultes en réduisant les données aux figures qui ont été communes aux enfants et aux adultes. Par ailleurs, dans toutes les expériences, les sujets doivent produire les dessins aussi bien avec leur main droite qu'avec leur main gauche.

Expérience 1 – A : Syntaxe graphique chez les adultes français et syriens

Deux groupes de sujets adultes de culture occidentale (Français) et de culture arabe (Syriens) ont produit des dessins aussi bien avec leur main dominante qu'avec leur main non dominante. Conformément aux résultats de Goodnow et al (1973), Lieblich et al. (1975), Dennis et Raskin (1960), Vaid (1995), Chokron et De Agostini (2002), nous attendons une forte différence entre les syriens et les français dans l'application du principe de départ à gauche, et conséquemment, du tracé de gauche à droite. Ces principes seront inversés chez les syriens habitués à une écriture allant de droite à gauche.

Conformément aux résultats de Vaid et coll. (2002), ces différences devraient se cantonner aux dessins réalisés avec la main droite. Conformément aux résultats de Reed et Smith (1961), Von Sommers (1984), Braswell et Rosengren (2002), les adultes français devraient tracer dans la direction liée aux mouvements d'extension vers l'extérieur avec leur main gauche, donc de droite à gauche, adaptant un comportement "miroir" à celui de la main droite en raison des contraintes biomécaniques. Les adultes syriens devraient donc, eux aussi, dessiner de droite à gauche avec leur main gauche, répondant ainsi à la fois aux contraintes biomécaniques et aux contraintes culturelles. Nous anticipons un fonctionnement très proche, du point de vue de la syntaxe graphique, entre français et syriens lorsqu'ils doivent dessiner de leur main gauche.

Méthode

Sujets :

Cette étude a été menée sur 40 adultes de sexe masculin et féminin, tous droitiers, répartis en deux groupes. Le premier groupe compte 20 sujets de culture occidentale (*Français*), constitué de 12 sujets de sexe féminin et de 8 sujets de sexe masculin, avec une moyenne d'âge de 27 ans (*empan de variation : de 22 à 35 ans*). Le deuxième groupe comprend 20 sujets de culture arabe (*Syriens*), constitué de 14 sujets de sexe féminin et de 6 sujets de sexe masculin, avec une moyenne d'âge de 26 ans (*empan de variation : de 22 à 30 ans*). La date d'arrivée en France des sujets Syriens ne dépasse pas 3 mois. Nous avons jugé nécessaire, pour notre recherche, d'étudier le comportement graphique de personnes encore peu influencées par les habitudes d'écriture française. Ceci étant, il est clair que ces sujets adultes syriens ont développé quelques habitudes avec l'écriture occidentale, au travers de leurs études. Il est moins certain que ces habitudes manuelles se soient généralisées à la tâche de dessin de figures géométriques.

Matériel :

Le matériel qui a été remis aux sujets était constitué d'un petit livret de 3 pages blanches. Sur la première, sont indiquées les informations sur le sujet, tels que nom, prénom, âge, sexe, profession, nationalité, langue maternelle et latéralité manuelle. Sur la deuxième et la troisième page, se trouvent les 18 modèles à reproduire, consignés dans un tableau de trois colonnes et neuf lignes. Les modèles sont illustrés en Figure 1. Chacune des 18 figures à copier est présentée dans la première colonne située à gauche de la page. Chaque figure est au centre d'un cadre de 5.5 x 3 cm, et neuf figures par page sont présentes. Les deuxième et troisième colonnes sont disponibles pour que le sujet recopie les figures, dans la deuxième colonne pour la copie avec la main dominante et dans la troisième pour la main non dominante. Les dimensions de chaque cadre pour copier les figures sont les mêmes pour toutes les figures (5.5 x 3 cm). Les figures sont présentées dans un ordre aléatoire. L'Annexe 1 présente un exemplaire. Le sujet copie les figures avec un crayon bille.

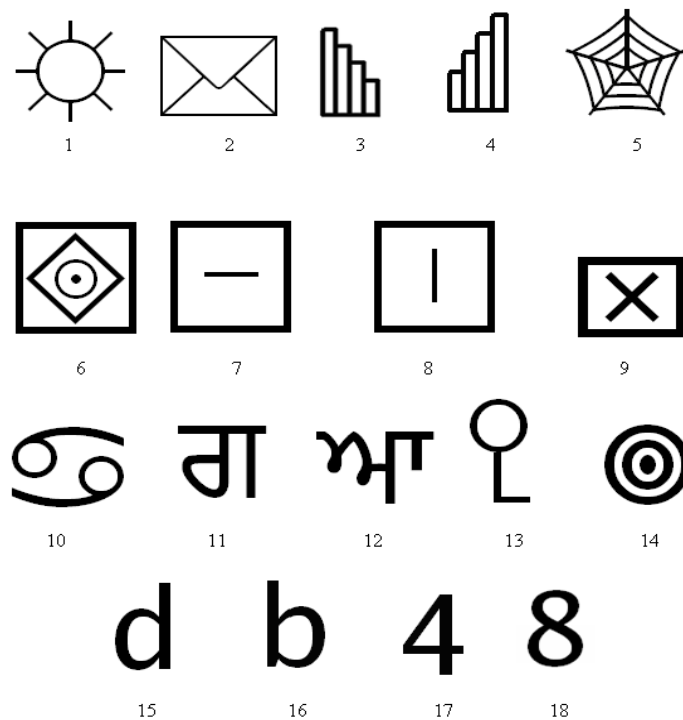


Figure 1 : Modèles des figures géométriques simples et complexes à copier

Procédure :

Le sujet est assis à une table sur laquelle était posé le petit livret. Nous lui expliquons alors la tâche avec la consigne suivante : « Vous allez copier les figures suivantes avec votre main droite, en recopiant chaque figure dans le cadre qui lui est réservé dans la deuxième colonne. Il faudra bien respecter la forme et la taille de chaque figure ». Ensuite, nous informons les sujets que la deuxième colonne est réservée à la copie des mêmes figures, mais avec la main gauche. La passation est individuelle et dure en moyenne 20-25 minutes. L'expérimentateur est assis du côté gauche lorsque le sujet dessine avec la main droite et du côté droit lorsque le sujet utilise la main gauche, pour pouvoir noter « en ligne » la syntaxe utilisée par le sujet lors du tracé de chaque figure. L'ordre imposé main dominante suivi de main non dominante a été adopté afin de permettre une comparaison avec les données recueillies avec les jeunes enfants, pour lesquels il était trop difficile de commencer à dessiner de la main gauche.

Codage des données :

Pour coder la syntaxe utilisée par les sujets, l'expérimentateur indique par un point • le point de départ des tracés, par une flèche → sa direction, par un petit numéro l'ordre dans lequel chaque tracé a été réalisé, par un trait / lorsque le sujet soulève le crayon. Ce codage permet d'évaluer, figure par figure, et pour chaque sujet, le respect des principes de départ, de progression du mouvement, le nombre de levés de crayon (*indicateur de la continuité de tracé*) et l'application des principes d'organisation globaux. L'Annexe 2 définit, pour chaque figure, les principes qui ont été codés. Nous avons ensuite calculé la moyenne d'application de chaque principe, pour chaque main utilisée, au travers des différentes figures. Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture (*Français, Syriens*) comme facteur intergroupe et la Main (*droite, gauche*) comme facteur intragroupe.

Résultats

Au cours de cette analyse, nous présenterons les résultats par principe, en commençant par les principes de départ, puis de progression pour finir avec les principes d'organisation globale.

- *Les principes de départ :*

- Le principe de départ en haut

L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1,38) = 4.8$, $p < .05$. Nous ne notons pas d'effet de Main ($F < 1$), ni d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$). La Figure 2 illustre ces données.

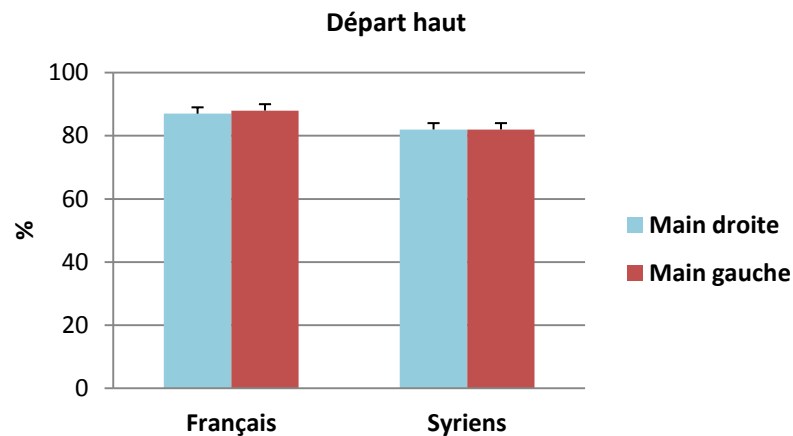


Figure 2 : Pourcentage moyen de respect du principe de départ en haut en fonction de la Culture et de la Main

Les français (87 %) démarrent plus souvent en haut que les syriens (82 %). Toutefois, ce principe apparaît fortement appliqué par les Syriens aussi, ce qui n'incite pas à porter beaucoup d'intérêt à cette différence.

- Le principe de départ à gauche

L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1, 38) = 122.9$, $p < .001$ et de l'interaction Culture x Main, $F(1, 38) = 25.2$, $p < .0001$. Par ailleurs, l'effet Main est marginal, $F(1, 38) = 3.17$, $p = .08$. La Figure 3 illustre ces données.

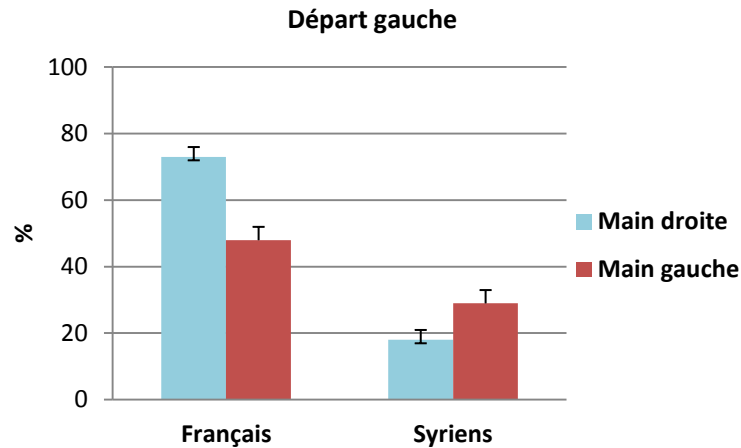


Figure 3 : Pourcentage moyen de respect du principe de départ à gauche en fonction de la Culture et de la Main

Les français démarrent plus souvent à gauche que les syriens. L'interaction avec la Main montre que les français démarrent plus souvent à gauche quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche, alors que c'est l'inverse chez les syriens : ils utilisent plus le principe de départ à gauche avec leur main gauche qu'avec leur main droite. Ainsi, les français et les syriens se différencient beaucoup plus par rapport à leur main droite pour l'application du principe de départ à gauche, que par rapport à leur main gauche.

- Le principe de départ par une verticale

L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1,38) = 21.3, p < .01$. En revanche, nous ne notons pas d'effet de Main ($F < 1$), ni d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$). La Figure 4 rapporte ces données.

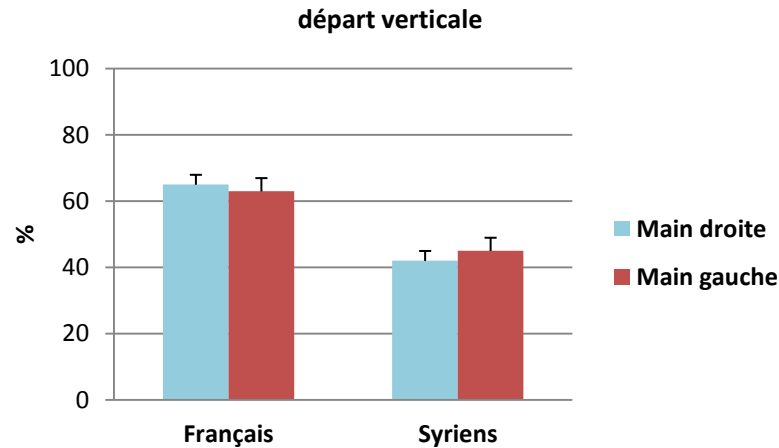


Figure 4 : Pourcentage moyen de respect du principe de départ par une verticale en fonction de la Culture et de la Main

La Figure 4 montre que les français démarrent plus souvent (64 %) avec une ligne verticale que les syriens (43 %).

- Le principe de départ en haut puis vers la gauche

L'effet d'interaction entre Culture et Main est significatif, $F(1,38) = 8.6$, $p < 01$. Nous ne notons pas d'effet Culture ($p = .21$), ni d'effet Main ($F < 1$). Comme le montre la Figure 5, les syriens appliquent plus souvent ce principe quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche, alors que c'est l'inverse chez les français : ils l'utilisent plus avec leur main gauche qu'avec leur main droite. Les français et les syriens se différencient donc plus par rapport à leur main dominante, pour l'application du principe de départ en haut et descente vers la gauche, que par rapport à leur main gauche.

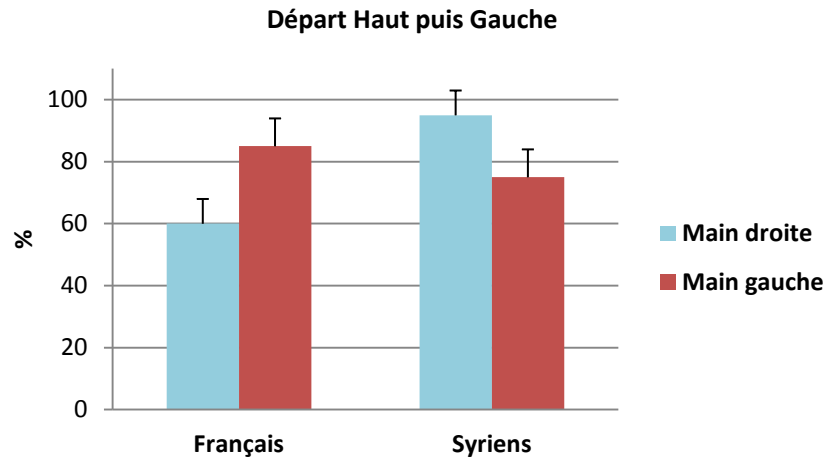


Figure 5 : Pourcentage moyen de respect du principe de en haut puis vers la gauche en fonction de la Culture et de la Main

- *Les principes de progression :*

- Le principe de direction haut-bas

L'ANOVA révèle que l'effet d'interaction entre Culture et Main est significatif, $F(1,38) = 10.4, p < .01$. Nous n'observons pas d'effet de Culture ($F < 1$), ni de Main ($F < 1$). Comme le montre la Figure 6, les français tracent plus souvent de haut en bas quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche, alors que c'est l'inverse chez les syriens, qui utilisent plus le principe de la direction de haut en bas avec leur main gauche qu'avec leur main droite. Toutefois, les deux groupes présentent une tendance forte à dessiner dans la direction haut-bas, qu'ils utilisent leur main dominante ou non dominante.

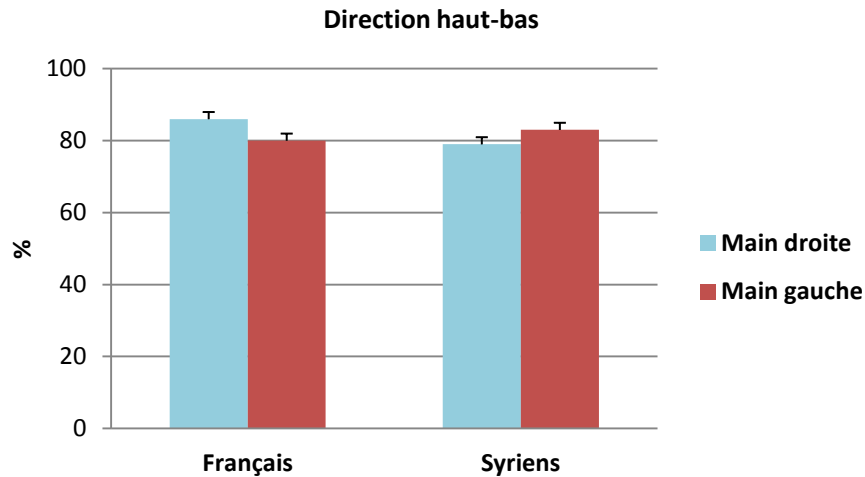


Figure 6 : Pourcentage moyen de respect du principe direction haut - bas en fonction de la Culture et de la Main

Nous avons également codé ce principe pour la production des figures géométriques qui comprennent des lignes obliques (*modèles 1, 2, 6, 9 et 17*). L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture $F(1, 38) = 10.89, p < .01$. Cependant, aucun effet de Main ($p = .22$), ni d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$) n'apparaît. La Figure 7 consigne ces données.

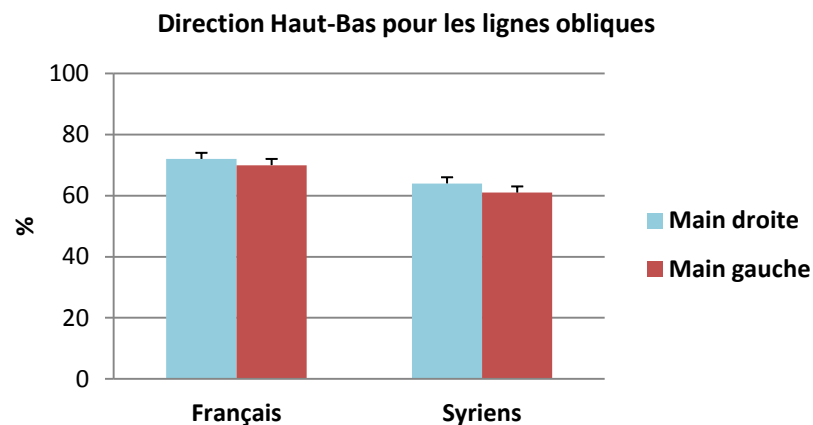


Figure 7 : Pourcentage moyen de respect du principe direction haut – bas pour les lignes obliques en fonction de la Culture et de la Main

Nous remarquons que les français tracent en haut et continuent le segment en descendant sur le côté gauche pour les lignes obliques plus souvent que les syriens, quelle que soit la main utilisée.

- Le principe de direction gauche-droite

L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1, 38) = 5.4, p < .05$. Comme le montre la Figure 8, les français (65%) utilisent plus le principe de direction gauche-droite que les syriens (47%).

L'effet Main est juste significatif, $F(1, 38) = 3.95, p = .05$. Les français et les syriens tracent plus souvent de gauche à droite quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche. Nous n'enregistrons pas d'effet d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$).

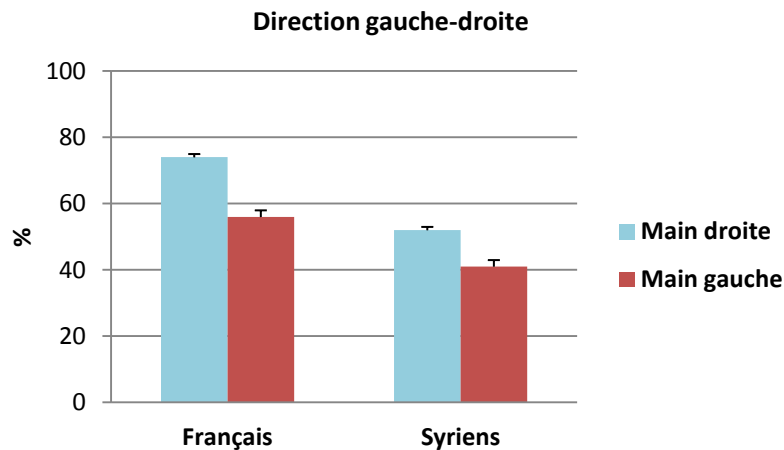


Figure 8 : Pourcentage moyen de respect du principe direction gauche – droite en fonction de la Culture et de la Main

Nous avons codé la direction du trait de la ligne intérieure au centre du modèle 7 et avons montré un effet Culture significatif, $F(1,38) = 67.8, p < .001$: les français traitent beaucoup plus souvent la ligne intérieure de gauche à droite que les syriens. Nous ne notons pas d'effet Main ($F > 1$). Cependant, l'effet d'interaction entre Culture et Main est significatif, $F(1,38) = 15.2, p < .01$. Comme le montre la Figure 9, les français procèdent plus souvent de gauche à droite lorsqu'ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche, alors que c'est l'inverse chez les syriens. La différence entre les deux mains est beaucoup plus grande chez les syriens. Les français et les syriens se différencient donc plus - quand ils copient la ligne intérieure - par rapport à leur main droite que par rapport à leur main gauche.

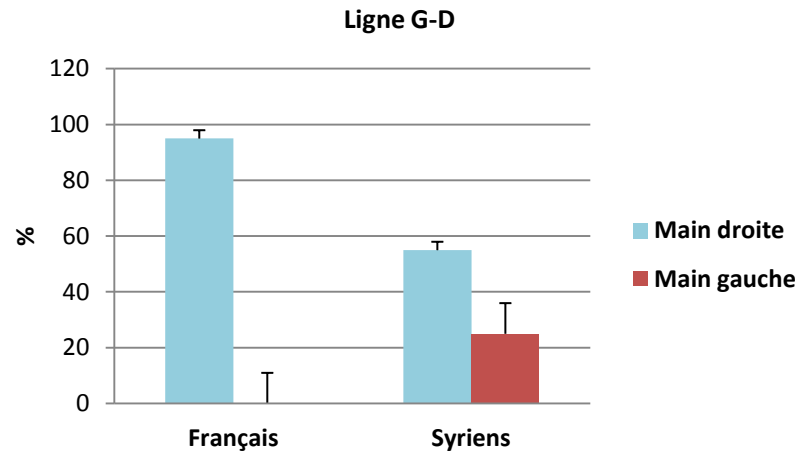


Figure 9 : Respect du principe direction gauche – droite de la ligne simple en fonction de la Culture et de la Main

- Le principe de rotation dans le sens anti-horaire

Nous avons codé ce principe pour la production des figures géométriques fermées, soit les modèles 1, 5, 6, 13, 14, 15, 16 et 18. L'ANOVA révèle un effet significatif de la Main $F(1, 38) = 17.59, p < .001$. Cependant, aucun effet Culture ($F < 1$), ni d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$) n'apparaît. Les français et les syriens produisent les figures géométriques fermées dans le sens anti-horaire lorsqu'ils tracent avec la main droite (72%) ou avec la main gauche (58%). Environ 65 % des français et des syriens produisent les figures fermées dans le sens anti-horaire, comme le montre la Figure 10.

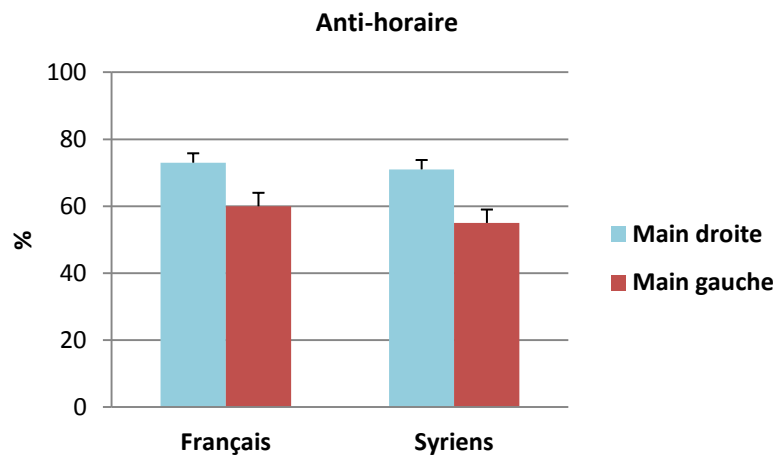


Figure 10 : Pourcentage moyen de respect du principe de rotation dans le sens anti-horaire pour les modèles 1, 5, 6, 13, 14, 15, 16 et 18

Les résultats précédents peuvent toutefois sous estimer ce principe. En effet, le modèle 16 (lettre **b**) diminue le taux d'utilisation du principe anti-horaire puisqu'il n'est pratiquement jamais utilisé pour cette lettre (de 0 à 5 %). Lorsque les deux groupes copient la lettre **b**, ils traitent le cercle en sens horaire. En enlevant les résultats du modèle 16, l'ANOVA révèle que l'effet Main est significatif, $F(1,38) = 19.48$, $p < .001$, comme le montre la Figure 11. Nous constatons que le taux d'utilisation de ce principe anti-horaire devient plus élevé : les français et les syriens produisent ces modèles dans le sens anti-horaire lorsqu'ils tracent avec la main droite (87%) ou avec la main gauche (69%).

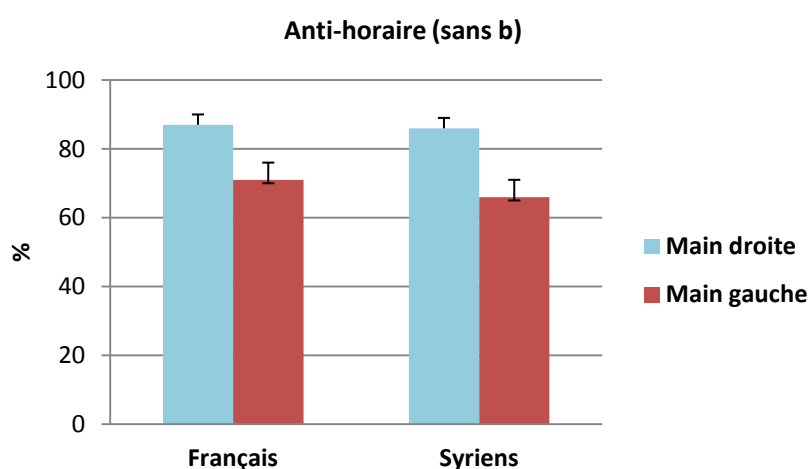


Figure 11 : Pourcentage moyen de respect du principe de rotation dans le sens anti-horaire pour les modèles 1, 5, 6, 13, 14, 15 et 18.

- Le principe des parallèles

Concernant le choix de la progression et de l'organisation du mouvement, les deux groupes utilisent rarement (entre 2 % et 7 %) le principe des parallèles pour copier ou dessiner les figures géométriques comme un carré ou un rectangle. L'ANOVA révèle toutefois que l'effet Main est significatif, $F(1,38) = 6.15$, $p < .05$. Les sujets tracent plus souvent les parallèles en succession lorsqu'ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche. Aucun autre effet n'est significatif. Nous ne notons pas d'effet de Culture ($F < 1$), ni d'effet d'interaction Culture x Main ($F < 1$).

- Le principe de continuité indexé par le nombre de levers de crayon

Nous avons pris en compte le nombre de levers de crayon effectués pour réaliser le dessin. L'effet Culture est significatif, $F(1,38) = 5.34$, $p < .05$. Les français soulèvent plus souvent le crayon

quand ils copient une figure géométrique que les syriens. Les français dessinent ainsi de manière plus discontinue.

L'effet Main est significatif, $F(1,38) = 9.13$, $p < 0.01$. Les français lèvent beaucoup plus le crayon quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche.

L'effet l'interaction entre Culture et Main est également significatif, $F(1,38) = 8.5$, $p < .01$. Comme le montre la Figure 12, les français exécutent la figure en minimisant plus le nombre de levers de crayon quand ils dessinent avec leur main gauche qu'avec leur main droite, alors que chez les syriens, il n'y a pas de différence entre les deux mains.

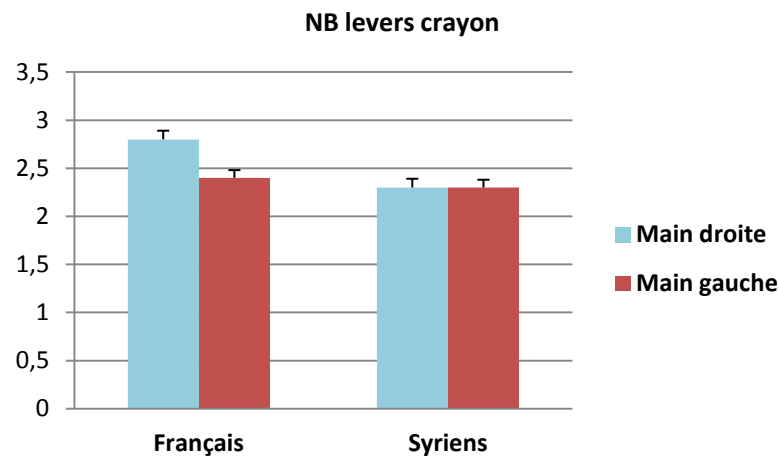


Figure 12 : Nombre de levers de crayon en fonction de la Culture et de la Main

Ainsi, les français et les syriens se différencient plus par rapport à leur main droite que par rapport à leur main gauche : il n'y a pas de différence pour le nombre de levers de crayon entre les français et les syriens par rapport à leur main non dominante.

- Le principe de continuité indexé par l'ancrage fluide

Nous avons observé ce principe dans la copie des modèles 1, 11 et 13. Il n'y a pas d'effet de Culture ($p = .32$), de Main ($F < 1$), ni d'effet d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$). La plupart des adultes français (96 %) et syriens (92 %) utilisent le principe de l'ancrage fluide, c'est-à-dire tracent en continu, quelle que soit la main utilisée.

- *Les principes d'organisation globale :*

- Le principe Start Rotation Principle (SRP)

Nous avons observé ce principe dans la copie des modèles 1, 6, 13 et 14. L'ANOVA révèle que l'effet Main est significatif, $F(1, 38) = 10.03, p < .01$. Nous ne notons pas d'effet de Culture ($F < 1$), ni d'interaction Culture x Main ($F < 1$). Comme le montre la Figure 13, les français et les syriens respectent plus le principe SRP lorsqu'ils dessinent avec leur main droite (92 %) qu'avec leur main gauche (79 %).

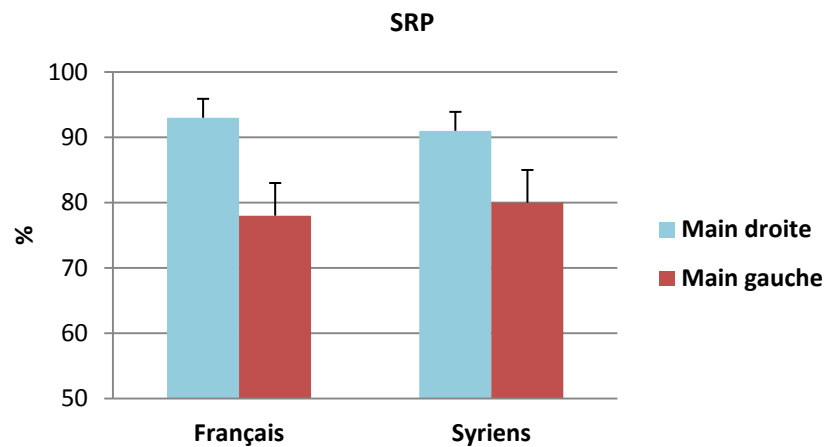


Figure 13 : Respect du SRP en fonction de la main chez les Français et les Syriens

- Le principe figure / fond

Dans le cas du choix relatif à la progression du mouvement, nous avons codé si les sujets commencent par la figure et finissent par le fond pour copier le modèle 5. Nous n'observons pas d'effet Culture ($p = .32$), ni d'effet Main ($p = .32$), ni d'interaction entre Culture et Main ($p = .32$). La majorité des français (97%) et des syriens (90 %), en utilisant leur main dominante ou leur main non dominante, tendent à dessiner en premier la figure (*l'avant-plan*) puis le fond (*l'arrière-plan*).

- Le principe d'exécution centripète (PEC)

Nous avons observé ce principe dans la copie des modèles 5, 6, 7, 8, 9 et 14. L'ANOVA révèle que l'interaction entre Culture et Main est significative, $F(1, 38) = 6.08, p < .05$. La Figure 14 illustre ces données.

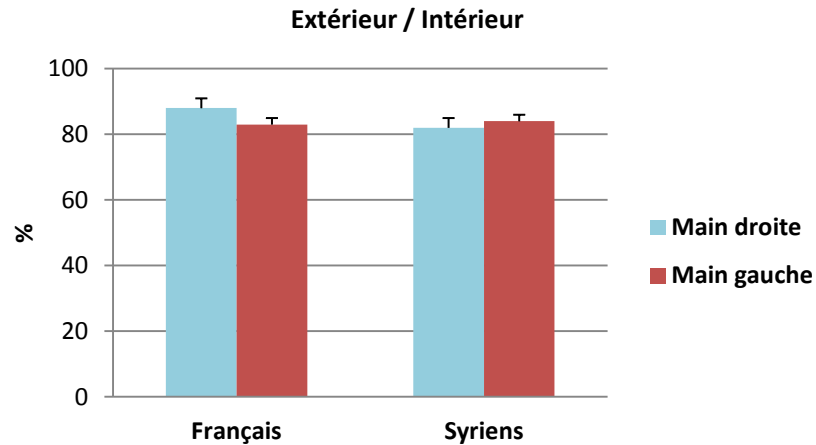


Figure 14 : Respect du PEC en fonction de la main chez les Français et les Syriens

Les français tendent à commencer plus souvent par la figure extérieure quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche alors qu'une légère tendance inverse est trouvée chez les syriens, mais globalement, ce principe est largement appliqué par les français (85 %) comme par les syriens (83 %) Aucun autre effet n'est significatif.

- Les stratégies décomposées

Nous avons codé si les sujets utilisaient une stratégie décomposée pour copier les modèles 3 et 4, constitués de quatre rectangles de longueurs différentes représentant des escaliers. Il n'y a pas d'effet Culture ($p = .44$), ni d'effet Main ($p = .60$), ni d'interaction entre Culture et Main ($F < 1$). La plupart des français (77 %) et des syriens (85 %) commencent à tracer le cadre de la figure, employant ainsi la stratégie décomposée.

Discussion

Dans la présente recherche, nous avons abordé l'analyse syntaxique du dessin chez des adultes de cultures différentes lorsqu'ils copient une figure géométrique avec la main droite et la main gauche. Nos résultats confirment que les habitudes directionnelles culturelles peuvent influencer la directionnalité de la production graphique des dessins (Dennis & Raskin, 1960 ; Weis, 1967 ; Goodnow et al 1973, 1977 ; Lieblich et al. 1977 ; Lieblich, Ninio, & Kugelmass 1975, Hang Wong &

Kao, 1991; Vaid, 1995). L'application de ces principes dépend également de facteurs biomécaniques (Hildreth, 1949 ; Dreman, 1974, 1977 ; Thomassen, 1992 ; Vinter, 1999 ; Braswell & Rosengren, 2002). Nous allons confronter nos résultats aux travaux de la littérature sur les effets de culture. Ensuite nous allons montrer l'impact des contraintes biomécanique sur les règles de progression. Enfin, nous discuterons la question du conflit entre les règles dans la production de certains tracés.

Conformément aux résultats déjà connus dans la littérature, la majorité des français respectent les règles graphiques quand ils dessinent avec leur main droite (Goodnow et Levine, 1973 ; Liebllich, Ninio, Kugelmass 1975 ; Sommers, 1981 ; Nihei, 1983 ; Magnan, Baldy et Chatillon, 1999). Il en va de même pour les syriens. Les principes de départ en haut, de tracé de haut en bas, de continuité indexé par l'ancrage fluide, de rotation dans le sens anti-horaire, le principe figure / fond, celui d'exécution centripète, et le principe des stratégies décomposées sont le plus souvent respectés par les deux groupes qu'ils dessinent avec leur main droite ou leur main gauche.

Nous trouvons par contre une forte différence entre les deux groupes dans l'application du principe de départ à gauche, et conséquemment, du tracé de gauche à droite. Les français utilisent plus le principe de direction gauche-droite que les syriens qui montrent une plus grande préférence pour la directionnalité droite-gauche (Goodnow et al 1973 ; Liebllich, Ninio, & Kugelmas, 1975 ; De Agostini & Chokron, 2002). En accord avec Goodnow et al (1973), les français démarrent plus souvent avec une ligne verticale que les syriens qui commencent davantage par les traits horizontaux. Par contre, Goodnow et al (1973) ont signalé que les israéliens, au contraire des américains, tracent la première oblique à droite, le cercle dans le sens horaire, et qu'ils dessinent de manière discontinue. Les sujets syriens, comme les français, commencent le premier trait oblique en haut et descendent vers la gauche, produisent le cercle dans le sens anti-horaire, et les syriens dessinent plus de manière continue que les français.

L'effet des contraintes biomécaniques apparait clairement lorsque le sujet trace un segment horizontal. En accord avec Van Sommers (1984), Goodnow (1977), Braswell et Rosengren (2002, 2008), la règle de gauche à droite n'est pas exécutée fortement avec la main gauche par les français, qui adoptent un comportement en "miroir" déterminé par des contraintes biomécaniques (Brown, Knauff, & Rosenbaum, 1948 ; Barlett, 1957 ; Reed & Smith, 1961 ; Dreman 1974, 1977 ; Van Sommers, 1984). Les adultes syriens, eux aussi, dessinent de droite à gauche avec leur main gauche plus qu'avec la main droite, répondant ainsi à la fois aux contraintes biomécaniques et aux contraintes culturelles. Ainsi les deux groupes dessinent de manière très proche avec leur main gauche.

Le principe de continuité a été indexé par le nombre de levers de crayon. Les français dessinent de manière plus discontinue quand ils dessinent avec leur main droite, alors que les syriens dessinent de manière continue avec les deux mains, contrairement à l'étude de Goodnow et al (1973) conduite avec des israéliens qui dessinaient de manière discontinue. Conformément aux résultats de

Thomassen et Tibosch (1991), les sujets choisissent des ordres qui exigent moins d'effort et moins de mouvement totaux. Puisque la production du dessin avec la main non dominante est plus difficile qu'avec la main dominante, le choix final chez les français pour la main gauche correspond à la sélection des unités sur la base de leur probabilité à produire le moins d'erreurs et d'effort possibles (Simner, 1981, 1984). Le fait que les syriens soient habitués à une écriture allant de droite à gauche dans laquelle les lettres sont obligatoirement liées entre elles pour écrire un mot peut expliquer pourquoi ils dessinent de manière continue avec les deux mains.

Les règles graphiques semblent principalement motivées par le principe d'économie (Simner, 1981 ; Thomassen & Tibosch, 1991 ; Thomassen, Meulenbroek, & Hoofs, 1992). Mais des conflits entre les règles peuvent quelquefois émerger. Considérons, par exemple, le principe des parallèles, codé dans le dessin des carrés. Nous observons que ce principe n'est respecté que par très peu de sujets. En effet, le respect de ce principe s'oppose au principe de continuité. Le sujet semble donc organiser le tracé de la figure en favorisant le principe économique de continuité, d'autant plus appliqué avec la main gauche étant donné les difficultés de cette condition de dessin pour des droitiers. Par ailleurs, le principe de continuité s'oppose au respect de la direction haut-bas lorsque le sujet dessine l'oblique. Bien que les deux groupes aient montré une tendance forte à commencer en haut et à continuer l'oblique en descendant vers la gauche, les français tracent l'oblique du haut en bas plus souvent que les syriens. Pour copier le losange par exemple, comme les syriens dessinent plus de manière continue que les français, ils tracent deux segments sur quatre dans la direction haut-bas, ce qui entraîne un respect moins fréquent du principe de direction haut-bas. Par contre, les français peuvent respecter davantage la direction haut-bas car ils soulèvent plus le crayon pour copier la figure plus que les syriens. En d'autres termes, les syriens privilégient le principe de continuité à celui haut-bas, alors que c'est l'inverse chez les français.

Relativement au principe de départ en haut, nos résultats montrent que les syriens ne respectent plus ce principe quand ils copient le chiffre 4 et le chiffre 8. Pour copier le chiffre 4, les syriens préfèrent le départ à droite pour une ligne horizontale et le tracé de droite à gauche, ce qui entre en conflit avec le principe de départ en haut pour le chiffre 4. Ainsi quand les syriens doivent choisir entre le départ en haut ou à droite, 90 % entre eux préfèrent le départ à droite, alors que 85% des français commencent ce chiffre en haut. En ce qui concerne le chiffre 8, il apparaît que le facteur éducatif influence certainement sa production (Lurçat, 1974 ; Vinter & Meulenbroek, 1993). Ce chiffre ressemble à quelques lettres arabes que les syriens écrivent en commençant au milieu de la lettre, ce qui peut expliquer pourquoi 80% d'entre eux préfèrent le départ au milieu pour copier le chiffre 8.

Le facteur éducatif influence le principe de rotation dans le sens anti-horaire. En accord avec Sommers (1981), 75% des sujets français et syriens produisent les figures fermées dans le sens anti

horaire à l'exception de la production du modèle 16 (la lettre **b**). Lorsqu'ils copient la lettre **b**, les deux groupes traitent le cercle en sens horaire, même avec leur main gauche. Il est évident que l'impact du facteur éducatif dans la production de la lettre **b** est important : quand on écrit la lettre **b**, on traite le cercle en sens horaire. Ceci suggère que les participants ont pu consulter des représentations abstraites pour dessiner des formes familières ou des formes connues, en employant des procédures de dessin semblables quelle que soit la main.

L'ensemble de nos résultats montre une forte différence entre les deux groupes dans l'application du principe de départ à gauche, et conséquemment, du tracé de gauche à droite. Ainsi, l'habitude de la lecture et l'écriture influence probablement la perception, les activités motrices et l'utilisation des règles de production graphique, surtout pour dessiner les segments horizontaux. Par ailleurs, les adultes français tracent de droite à gauche avec leur main gauche, adaptant des mouvements d'extension vers l'extérieur déterminés par des contraintes biomécaniques. Les adultes syriens dessinent avec leur main gauche de manière très proche des français. Ainsi, les facteurs culturels et éducatifs peuvent être modulés par le facteur biomécanique chez les adultes.

Examinons maintenant ce qu'il en est de la modulation de la syntaxe graphique par les contraintes culturelles et biomécaniques chez l'enfant.

Expérience 1 – B : Syntaxe graphique chez des enfants français et syriens.

L'expérience précédente confirme le rôle des facteurs culturels et éducatifs ainsi que le rôle des contraintes biomécaniques, sur la production graphique, conformément aux résultats déjà connus dans la littérature. Ces résultats nous ont conduit à répliquer cette étude avec des enfants français et syriens. Nous avons modifié légèrement le protocole expérimental (*figures à copier*) car certaines figures incluses dans le protocole des adultes étaient trop complexes pour de jeunes enfants. De nombreux chercheurs ont étudié le respect des règles graphiques chez les enfants et leurs changements développementaux (Goodnow & Lévine, 1973 ; Liebllich, et al., 1975 ; Simner, 1981, Neihi, 1983 ; Vinter, 1994). Van Sommers (1984) a étudié les directions graphiques privilégiées par les enfants. A 3 ans, l'enfant utilise les obliques et évite la direction en haut et à gauche. De 3 à 4 ans, le bas de la feuille est privilégié, il n'y a pas de principe de continuité, et la règle de départ à gauche est relativement utilisée. L'enfant de 4 ans privilégie les horizontales, alors qu'à 5 ans, l'enfant privilégie les verticales. Entre 4 et 5 ans, l'enfant démarre plus souvent son tracé en bas, alors qu'à 6 ans, l'enfant préfère davantage le départ en haut et respecte toujours le départ à gauche de la feuille. De 6 ans jusqu'à 9 ans, la règle de continuité domine les autres règles telles que les règles de progression de gauche à droite et de haut en bas. A l'âge de 9 ans, les règles de progression de haut en bas et de gauche à droite sont de plus en plus respectées. L'enfant de 9 ans utilise les règles de manière équilibrée, comme l'adulte.

L'application des règles graphiques se renforce graduellement entre 4 et 8 ans. Vinter (1994) a considéré que les plus jeunes enfants préfèrent la règle de départ à gauche, alors qu'à 6 ans, ils privilégient davantage le départ en haut. Ce résultat confirme l'étude de Goodnow et Levine (1973), qui ont trouvé que le respect de principe de départ en haut et à gauche augmente entre 4 et 6 ans. Ces changements peuvent résulter de modifications dans les systèmes de référence utilisés par l'enfant pour produire son geste. En effet, avant 6 ans, les références seraient égocentrées ; l'enfant traite la feuille comme un prolongement de son corps, ce qui explique le choix du point de départ en bas. A partir de 6 ans, l'enfant est capable de construire un espace exocentré, et représente alors la feuille comme un espace indépendant du corps.

Le principe de traçage en continu présente une évolution jusqu'à 6 ans pour décliner à partir de 7 ans. Neihi (1980, 1983) décrit des changements développementaux à l'âge de 6 ans, marqués par la transition d'une stratégie « d'ancrage fixe » à une stratégie « d'ancrage fluide » dominée par le principe de continuité. En accord avec le principe d'économie, Simner (1981, 1984) a montré que le choix final des dessins chez les enfants âgés entre 4 et 7 ans correspond à la sélection des unités sur la base de leur probabilité à produire le moins d'erreurs possibles et à entraîner la plus petite dépense

d'énergie et d'effort. Ninio et Liebllich (1976) ont mesuré la quantité d'effort utile pour copier une figure globale chez les enfants. Ils trouvent que les enfants choisissent les mouvements qui exigent la plus basse dépense d'énergie. Dans une étude des hiérarchies entre les règles graphiques, Vinter (1994) montre que les jeunes enfants de 4 ans présentent une planification « segment par segment » du dessin, sans considérer la figure globale. Entre 6 et 8 ans, le comportement de dessin devient global « planification au niveau de la figure », mais relativement rigide, la production du premier segment composant la figure déterminant la séquence entière des mouvements produits (conduites anticipatrices stéréotypées). Enfin, vers 9 ans, les enfants montrent une combinaison de planification locale (au niveau de segment) et globale (au niveau de la figure). Ces deux types de planification associés et coordonnés, autorisent des conduites graphiques flexibles.

Pour la production de figures fermées, Meulenbroek, Vinter et Mounoud (1993) révèlent que les enfants d'âge préscolaire (4 - 5 ans) commencent en bas et tracent préférentiellement les cercles dans le sens horaire alors que les écoliers débutent en haut et préfèrent le sens anti-horaire dominant dans l'écriture alphabétique.

Une étude menée par Bouaziz et Magnan (2007) sur le principe d'exécution centripète (PEC) montre que ce principe apparaît précocement, dès l'âge de 4 ans. Il devient rapidement dominant et à partir de 8 ans, il devient indépendant de la modalité de dessin, car il s'observe en copie comme en dessin de mémoire (Magnan, Aimar & Baldy, 2000). Ce principe serait relativement stable à partir de 6-7 ans, son application étant peu affectée par la présentation préalable d'un ordre d'exécution divergent.

Il est intéressant de considérer la possibilité de différences culturelles dans une perspective développementale. Les résultats de Goodnow et Friedman (1972), Liebllich et al (1975), Goodnow (1977) montrent que le système éducatif et l'apprentissage de la lecture et de l'écriture jouent un rôle très important dans la préférence directionnelle pour ce qui concerne le dessin des traits horizontaux. Liebllich et al (1975) ont comparé des enfants arabes et hébreux de maternelle et d'école primaire dans une tâche du dessin. Ils ont trouvé que les deux groupes progressent de haut en bas à tous les âges. La progression gauche-droite est importante chez les enfants de maternelle et augmente avec l'âge chez les hébreux, tandis qu'elle diminue chez les arabes. Ces auteurs avancent l'idée selon laquelle les différences entre les deux groupes sont dues au mode d'écriture spécifique en arabe et en hébreu. De même, Goodnow (1977) a mené une étude sollicitant de très jeunes enfants arabes qui présentent une tendance à préférer dessiner des lignes horizontales de gauche à droite alors que, plus tard, lorsqu'ils vont à l'école, ils changent de direction, privilégiant la direction droite-gauche. Ces auteurs en concluent que le système éducatif et l'apprentissage de la lecture et de l'écriture jouent un rôle très important dans la préférence directionnelle.

La recherche que nous avons conduite permet d'évaluer l'évolution du respect des principes de départ, de progression du mouvement, du nombre de levers de crayon (*indicateur de la continuité de tracé*) et de l'application des principes d'organisation globaux pour reproduire un pattern plus ou moins complexe chez des enfants français et syriens. Conformément aux études déjà signalées (Goodnow & Lévine, 1973 ; Lieblich et al., 1975, Simner, 1981, Neihi, 1983 ; Vinter, 1994), l'application des règles graphiques devrait évoluer avec l'âge dans les deux groupes. Conformément à Dennis et Raskin (1960); Lieblich et al (1975), Goodnow (1977), Vaid (1995), on s'attend à ce que le choix de départ à gauche et de progression de gauche à droite augmente avec l'âge chez les français, pendant qu'il diminue chez les syriens, répondant ainsi aux contraintes culturelles.

De plus, Vinter (1994) a observé que le comportement des plus jeunes enfants est dominé par des propriétés biomécaniques générales. En revanche, Braswell et Rosengren (2002) rapportent que les enfants semblent davantage influencés que les adultes par les contraintes cognitives et ils utilisent souvent des procédures graphiques similaires quelle que soit la main. Si l'on suit Vinter (1994), les jeunes enfants dans notre recherche devraient être influencés par des contraintes biomécaniques, et se différencier par rapport à la main utilisée surtout en rapport aux principes de départ et de progression, contrairement aux enfants plus âgés qui devraient être influencés par des contraintes culturelles et dessiner d'une manière similaire avec les deux mains. Des prédictions inverses peuvent être formulées à partir des travaux de Braswell et Rosengern (2002).

Méthode

Sujets :

Cette expérience a été menée auprès de 168 enfants âgés de 3 à 9 ans, répartis en deux groupes selon leur culture, de sexe masculin et féminin, tous droitiers. Le premier groupe compte 84 enfants scolarisés en petite section, moyenne section et grande section de maternelle, ainsi qu'en CP, CE1, CE2 et CM1. CM2. Il est constitué de 42 garçons et 42 filles, tous de langue maternelle française et vivant en France. Le deuxième groupe comprend 84 enfants (42 garçons et 42 filles), de culture arabe et vivant en Syrie. Les Syriens étaient scolarisés en petite section, moyenne section et grande section de maternelle, ainsi que de la 1^{er} classe jusqu'à la 5^{ème} (âge compris entre 3 et 9 ans). Le groupe syrien comprend des personnes qui ont été le moins possible confrontées à des habitudes de lecture et d'écriture occidentale. Le tableau 1 présente le nombre et l'âge moyen des sujets de chacun des groupes.

Tableau 1 : Nombre de sujets et âge moyen pour chaque groupe expérimental

	Groupe des Français		Groupes des Syriens	
	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart-type)	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart-type)
3 ans	12 (6)	3,7 (2,70)	12 (6)	3,6 (2,73)
4 ans	12 (6)	4,8 (3,62)	12 (6)	4,7 (3,22)
5 ans	12 (6)	5,7 (3,08)	12 (6)	5,5 (3,08)
6 ans	12 (6)	6,5 (3,42)	12 (6)	6,4 (2,97)
7 ans	12 (6)	7,4 (3,31)	12 (6)	7,4 (3,47)
8 ans	12 (6)	8,5 (2,59)	12 (6)	8,5 (2,36)
9 ans	12 (6)	9,4 (3,65)	12 (6)	9,4 (3,97)
Total	84		84	

Matériel :

Les sujets avaient pour tâche de recopier 9 figures géométriques simples et 5 figures géométriques complexes, illustrées en Figure 15. Les figures étaient présentées sur un petit livret de 3 pages (annexe 3). Les deux premières pages sont consacrées aux figures simples alors que la troisième concerne les figures complexes. Les figures sont exposées sur la première colonne, située à gauche de la page. Chaque figure est au centre d'un cadre de 5.5 x 5.5 cm. Les deuxième et troisième colonnes sont disponibles pour que le sujet recopie les figures, avec la main dominante dans la deuxième colonne et avec la main non dominante dans la troisième. Les dimensions de chaque cadre pour copier les figures sont les mêmes pour toutes les figures (5.5 x 5.5 cm). Les figures sont présentées dans un ordre aléatoire.

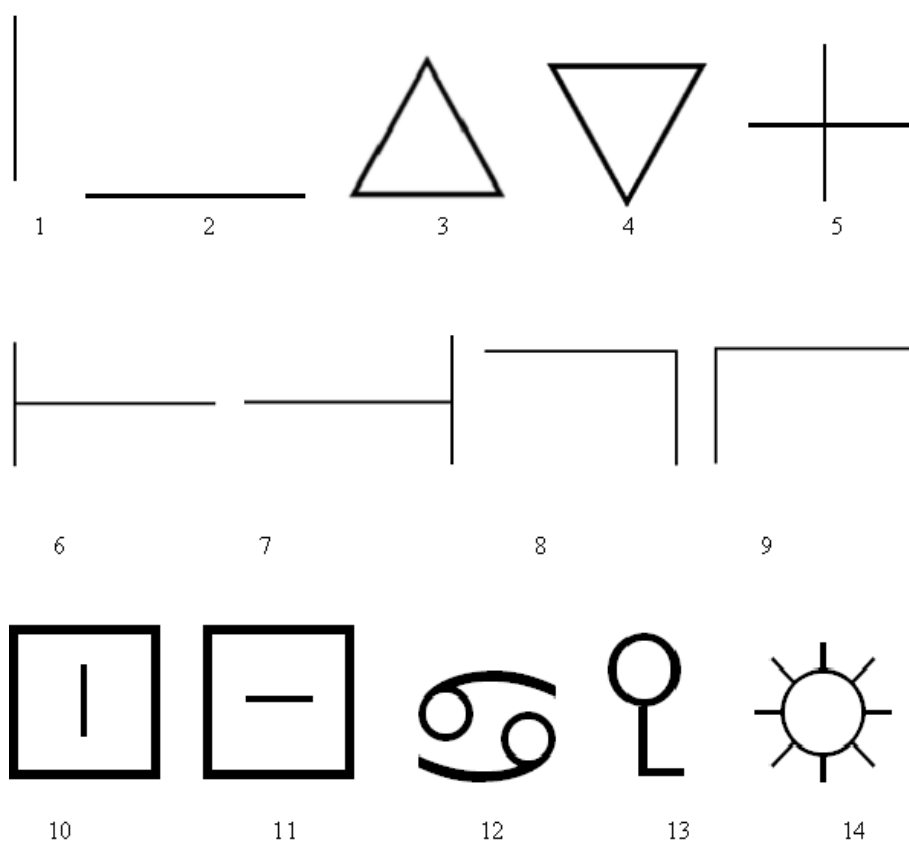


Figure 15 : Figures géométriques simples et complexes à reproduire

Procédure :

L'expérience se déroulait dans une pièce calme de l'école et durait environ 25 minutes par sujet. Les modèles étaient présentés au sujet sur un petit livret, posé sur une table face à laquelle le sujet était assis. L'expérimentateur expliquait la tâche à l'enfant, avec la consigne suivante : « *tu vas dessiner les figures suivantes, en recopiant chaque figure dans le cadre qui lui est réservé dans la deuxième colonne. Il faudra bien respecter la forme et la taille de chaque figure. Tu ne dois pas tourner le livret* ». Chaque sujet a recopié les modèles d'abord avec sa main droite dominante. Ensuite, nous informions les sujets que la deuxième colonne était réservée à la copie des mêmes modèles, mais avec la main gauche. L'expérimentateur notait « en ligne » la syntaxe utilisée par le sujet lors du tracé de chaque figure. Pour faciliter la notation, l'expérimentateur s'est assis du côté gauche lorsque l'enfant réalisait le dessin avec la main droite et du côté droit lorsqu'il utilisait la main gauche. Aucun feedback sur l'exactitude de la copie n'était donné au sujet.

Codage des données :

Pour coder la syntaxe utilisée par les sujets, comme avec les adultes, l'expérimentateur indique par un point • le point de départ des tracés, une flèche → pour indiquer sa direction, un petit numéro pour montrer l'ordre dans lequel chaque tracé a été réalisé et un trait / lorsque le sujet soulève le crayon. Ce codage permet, figure par figure, d'évaluer, pour chaque sujet, le respect des principes de départ, de progression du mouvement, le nombre de levers de crayon (*indicateur de la continuité de tracé*) et l'application des principes d'organisation globaux. L'Annexe 4 définit, pour chaque figure, les principes qui ont été codés.

Nous avons ensuite calculé la moyenne d'application de chaque principe, pour chaque main utilisée, au travers des différentes figures. Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture (*Français, Syriens*) et l'Age (*3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 ans*) comme facteurs intergroupes et la Main (*Droite, Gauche*) comme facteur intragroupe.

Résultats

Au cours de cette analyse, nous présenterons les résultats par principe en adoptant le même plan que celui pris avec les adultes. Le manque de données liées aux difficultés rencontrées par les plus jeunes enfants pour dessiner certaines formes géométriques nous a conduit à effectuer l'ANOVA pour chaque principe séparément, le nombre de sujets retenus pouvant varier d'un principe à l'autre.

- Les principes de départ :

- Le principe de départ en haut

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(6,154) = 3.67, p < .001$. Toutefois, une interaction Age x Culture marginalement significative apparaît, $F(6,154) = 2.01, p = .07$. La Figure 16 illustre ces données.

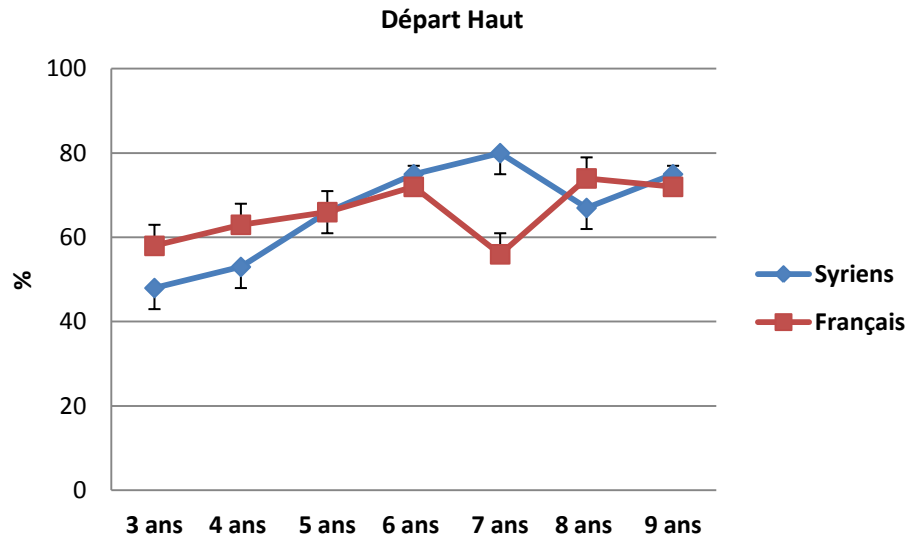


Figure 16 : Respect du principe de départ en haut en fonction de l'Age et de la Culture

Globalement, le respect du principe de départ en haut augmente avec l'âge et ce, surtout entre 3 ans (53 %) et 6 ans (66 %). L'interaction avec la Culture, faiblement exprimée dans les données, tend à indiquer que, si le respect de ce principe est plus fort chez les Français que chez les Syriens dans les plus jeunes âges, il tend à en aller différemment dans les âges plus avancés, avec des performances inférieures des enfants français.

L'effet de la Main se montre significatif $F(1,154) = 5.18, p < .05$ de même que l'interaction Age x Main, $F(6,154) = 4.18, p < .001$. La Figure 17 illustre ces données.

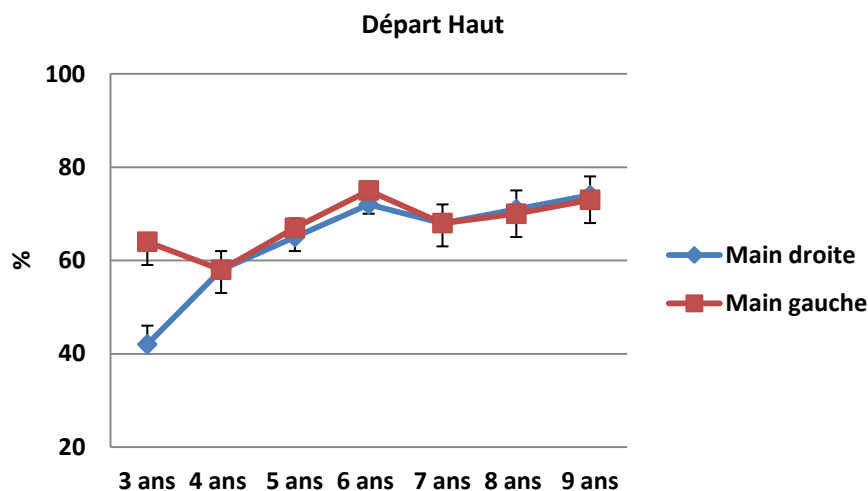


Figure 17 : Respect du principe de départ en haut en fonction de l'Age et de la Main

Comme le montre la Figure 17, le départ en haut tend à être plus appliqué lorsque les enfants utilisent leur main gauche (68 %) que leur main droite (64 %). Cet effet n'est toutefois observé que chez les enfants de 3 ans, comme l'atteste l'interaction significative. Aucun autre effet n'est significatif.

- Le principe de départ à gauche

L'ANOVA révèle un effet significatif des facteurs Culture, $F(1, 154) = 22.30, p < .0001$ et Main, $F(1, 154) = 84.09, p < .0001$. L'effet de l'Age n'est pas significatif ($F < 1$).

Comme le montre la Figure 18, les enfants français (61 %) démarrent plus souvent à gauche que les enfants syriens (50 %). De plus, les enfants appliquent plus souvent le principe de départ à gauche quand ils dessinent avec leur main droite (64 %) qu'avec leur main gauche (47 %).

En analysant séparément les données des enfants syriens, nous pouvons constater une interaction Age x Main significative, $F(6,77) = 2.51, p < .05$. La main droite démarre à gauche alors que la main gauche tend à démarrer à droite, sauf à 9 ans où les deux mains se comportent de la même façon, c'est-à-dire tendent à démarrer plus souvent à droite. Ainsi, la différence entre les deux mains diminue avec l'âge. Par contre, cette interaction n'est pas significative chez les français ($F < 1$).

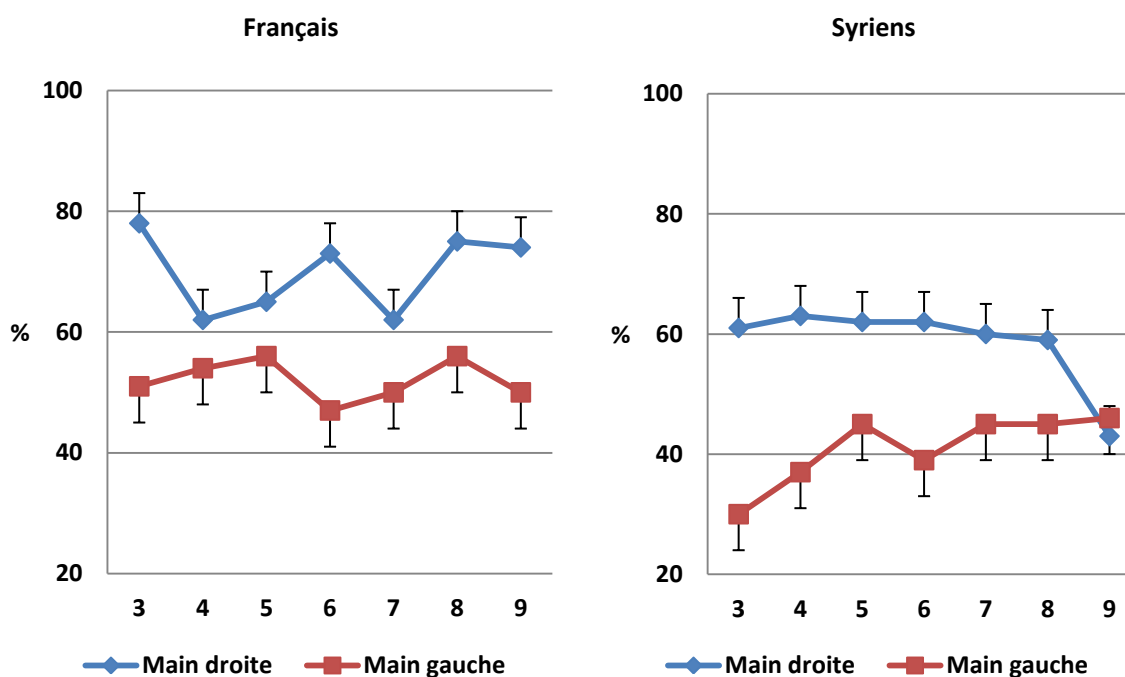


Figure 18 : Respect du principe de départ à gauche en fonction de l'âge et de la main chez les enfants syriens et les enfants français

Nos résultats montrent que le respect de ce principe varie dans les deux groupes par rapport à la main utilisée. Nous avons effectué une ANOVA pour chaque main séparément, avec la Culture et l'Age comme facteurs intergroupes.

Pour ce qui concerne le départ à gauche avec la main droite, l'effet Culture, $F(1,154) = 15.78$, $p < .001$ et l'interaction Age x Culture, $F(6,154) = 2.19$, $p < .05$ se montrent significatifs. Comme l'indique la Figure 19 à droite, les français débutent leurs dessins à gauche plus que les syriens, surtout à 3 ans et à 8-9 ans. Les enfants syriens de 9 ans tendent à démarrer leurs dessins à droite.

Concernant la main gauche, l'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1,154) = 11.84$, $p < .001$. On ne note pas d'effet d'Age ($F < 1$) ni d'interaction Age x Culture ($F < 1$). A tous les âges, les français (53 %) démarrent plus à gauche que les syriens (41%) qui tendent à démarrer à droite.

Comme le montre la Figure 19, la différence entre les deux groupes diminue avec l'âge lorsque les sujets utilisent la main gauche alors qu'elle augmente avec l'âge pour la main droite. Aucun autre effet n'est significatif.

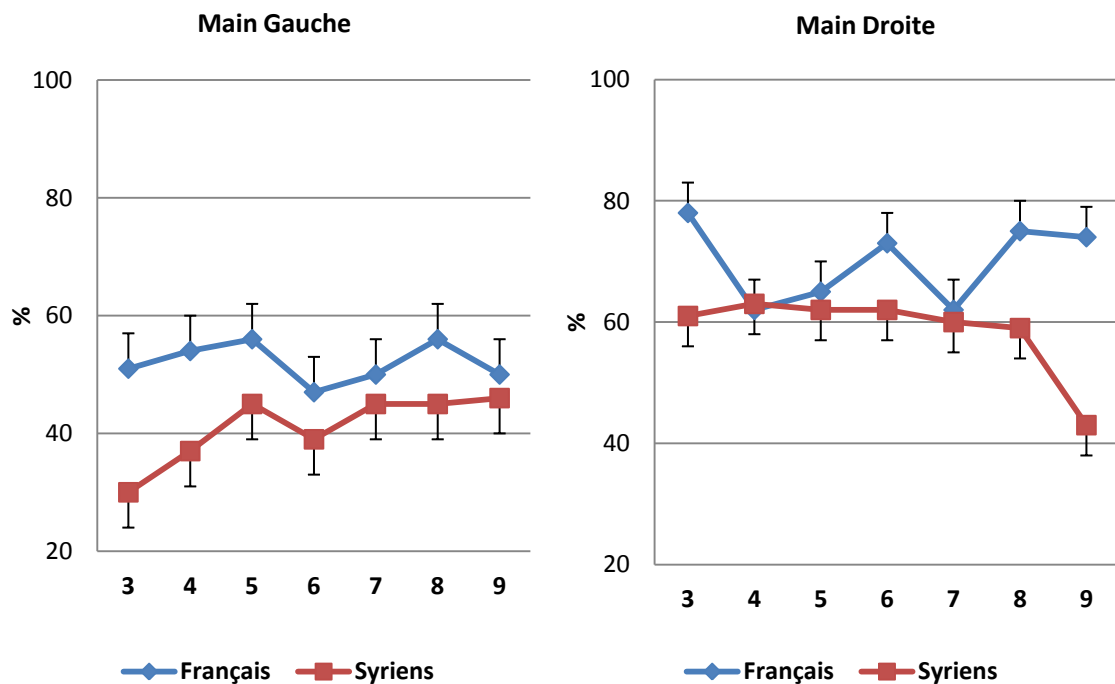


Figure 19: Respect du principe de départ à gauche, en fonction de l'âge et de la culture en utilisant la main droite et la main gauche.

- Le principe de départ par une verticale

Au cours de cette analyse, deux enfants français de 3 ans ont été éliminés, en raison de leurs difficultés à dessiner les modèles concernés par le principe de départ par la verticale.

L'ANOVA révèle un effet marginal du facteur Culture $F(1,152) = 4.36, p < .05$. Nous ne notons pas d'effet de l'Age ($p = .22$), ni d'effet de la Main ($p = .32$).

Les français démarrent plus souvent (58 %) avec une ligne verticale que les syriens (51 %). Cependant, cette différence est faible, les deux groupes n'appliquant pas ce principe de façon très consistante. Aucun autre effet n'est significatif. La Figure 20 présente la moyenne de respect de ce principe en fonction de la main dans les deux groupes.

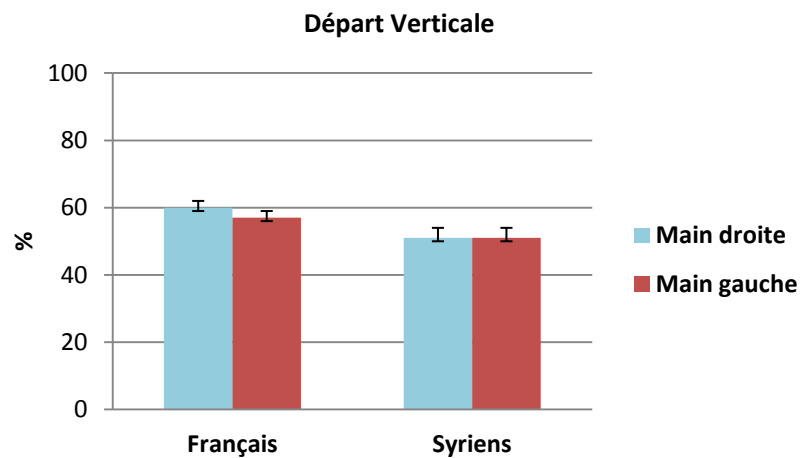


Figure 20 : Respect du principe de départ par une verticale, en fonction de la main chez les enfants Syriens et les enfants Français.

- Le principe de départ en haut puis tracé vers la gauche (figure avec apex)

Concernant ce principe, le groupe des 3 ans a été éliminé, ainsi que trois enfants français et quatre enfants syriens de 4 ans parce qu'ils ne parvenaient pas à dessiner le modèle 3 (*le triangle*).

L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif, c'est-à-dire aucun effet de l'Age ($p = .36$), de Culture ($p = .18$), et de Main ($p = .24$). Comme le montre la Figure 21, une faible tendance des sujets à utiliser ce principe a été remarquée, les deux groupes appliquant ce principe dans 20 % à 30% des cas seulement.

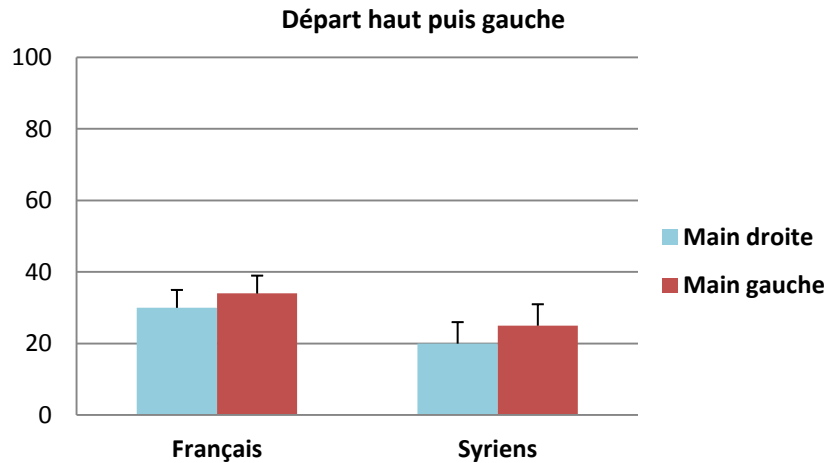


Figure 21 : Respect du principe de départ en haut puis vers la gauche, en fonction de la main chez les enfants Syriens et les enfants Français.

Nous avons examiné les autres choix de départ pour dessiner le triangle. Nos sujets montrent une tendance à commencer leurs dessins par les points situés en bas et à gauche. L'ANOVA révèle que l'effet de la Main est significatif, $F(1,123) = 28.03, p < .001$, et que l'effet de la Culture est très tendanciellement significatif, $F(1,123) = 2.03, p = .09$. Les enfants syriens comme les français débutent le dessin du triangle en bas et à gauche lorsqu'ils dessinent avec la main droite plus qu'avec la main gauche ; les enfants français ne montrent pas fortement cette tendance avec la main gauche. De plus, lorsque le sujet utilise la main gauche, on constate que la tendance à commencer en bas et à gauche diminue, alors que la tendance à commencer à droite apparaît légèrement. La Figure 22 illustre ces données.

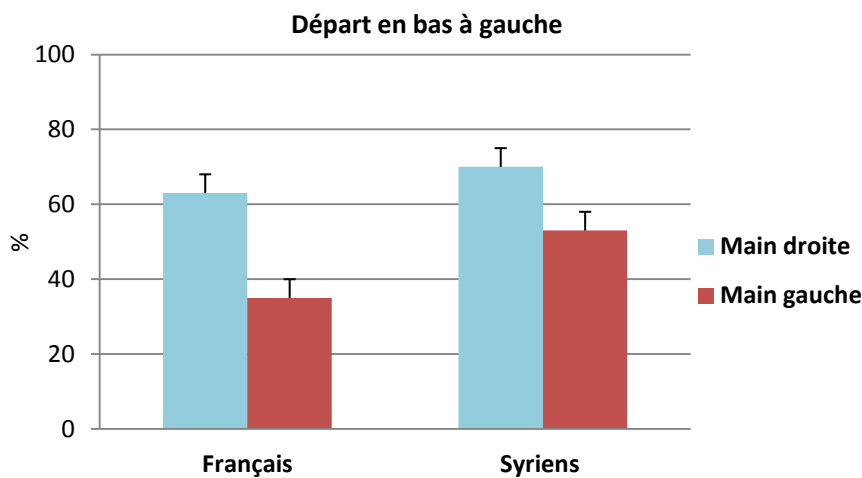


Figure 22 : Pourcentage moyen de départ en bas et à gauche, en fonction de la main chez les enfants Syriens et les enfants Français.

- *Les principes de progression :*

- Le principe de direction haut - bas

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(6,154) = 5.82, p < .001$, et un effet d'interaction marginal avec la Main $F(6,154) = 1.100, p < .08$. Aucun effet de Main ($p = .16$), ni d'effet Culture ($F < 1$) n'apparaissent. Pareillement au principe de départ en haut, le respect du principe de la direction de haut en bas augmente avec l'âge. Les plus jeunes tracent les lignes verticales de haut en bas davantage lorsqu'ils dessinent avec la main gauche qu'avec la main droite, alors que les plus âgés, de 5 à 9 ans, se comportent de façon quasi identique avec les deux mains. Aucun autre effet n'est significatif. La Figure 23 illustre ces données.

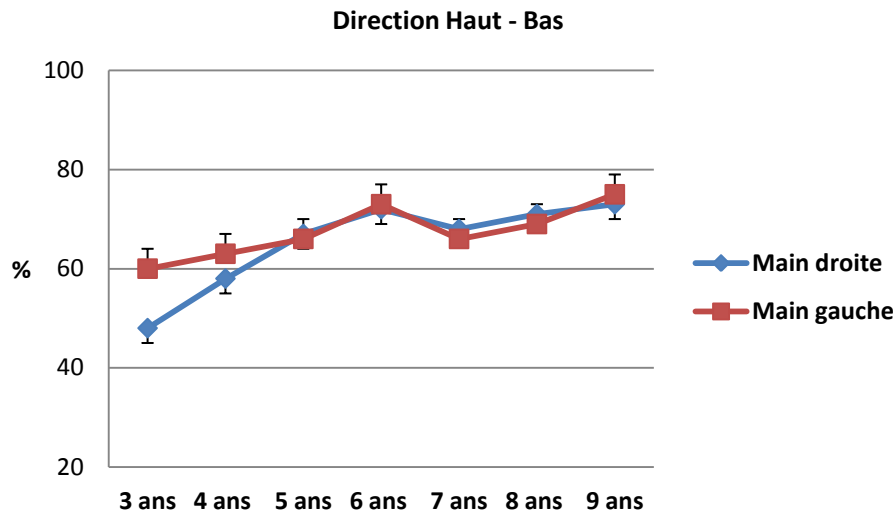


Figure 23 : Respect du principe de direction haut - bas en fonction de l'âge et de la main.

Nous avons aussi étudié le rôle du contexte des segments sur l'application du principe de direction haut-bas, en comparant le taux du respect de ce principe lorsque l'enfant a dessiné un seul segment vertical isolé (Modèle 1), ou quand ces segments étaient intégrés à d'autres types de segments dans la figure. L'ANOVA révèle que l'effet de Contexte est significatif, $F(1,154) = 21.26, p < .001$, et il interagit avec la Culture $F(1,154) = 3.92, p < .05$. L'interaction Age, Culture x Contexte apparaît marginalement significative, $F(1,154) = 2.05, p = .08$. On ne note pas d'effet simple de la Culture ($p = .25$), ni d'effet de la Main ($p = .18$), alors que l'effet de l'Age est significatif, $F(1,154) = 5.13, p < .001$. La Figure 24 représente la différence entre les deux contextes des segments chez les syriens et les français.

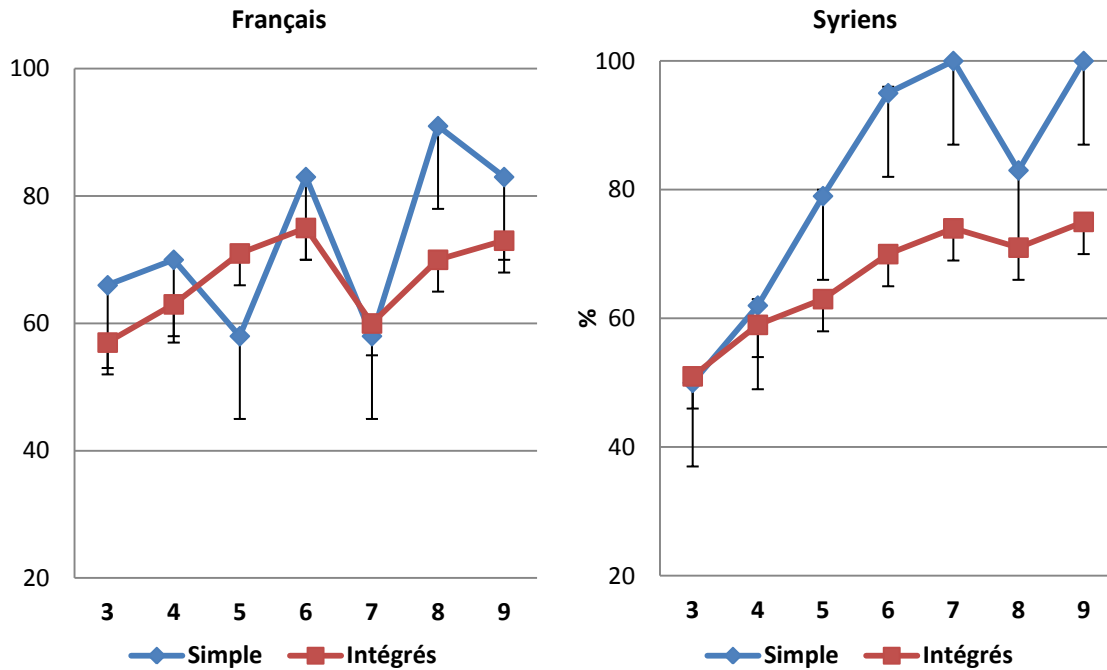


Figure 24 : Respect du principe de direction haut - bas en fonction du contexte des segments chez les enfants syriens et les enfants français.

Le sujet respecte plus le principe Haut-Bas lorsqu'il dessine un segment vertical isolé (77%) que des segments intégrés (66%). La différence entre les deux types de segments augmente clairement avec l'âge chez les syriens. Par contre, l'effet de Contexte sur ces segments n'est pas observable chez les français et l'évolution avec l'âge n'est pas claire non plus. Cette comparaison nous indique que les syriens, dans les âges plus avancés, appliquent plus ce principe que les français lorsqu'ils tracent un segment isolé, alors qu'ils ne se distinguent pas en produisant des segments intégrés.

- Le principe de direction gauche-droite

Pareillement au principe de direction haut-bas, nous avons étudié l'effet de composition des segments sur l'application de ce principe, en comparant les dessins d'un segment isolé horizontal (Modèle 2) avec les dessins des segments intégrés. L'ANOVA révèle un effet significatif du Contexte, $F(1,154) = 4.43, p < .05$, et des effets d'interaction significatifs avec la Main, $F(1,154) = 10.09, p < .001$ et avec la Culture, $F(1,154) = 26.00, p < .001$. Par ailleurs, l'effet de la Main, $F(1,154) = 70.61, p < .001$ comme de la Culture, $F(1,154) = 38.30, p < .001$, sont significatifs comme l'interaction entre Culture et Main, $F(1,154) = 4.15, p < .05$. On ne note pas d'effet d'interaction entre Culture, Main, et Contexte ($p = .13$) ni d'effet d'Age ($F < 1$). La Figure 25 illustre la différence les deux contextes de tracé des segments chez les syriens et les français.

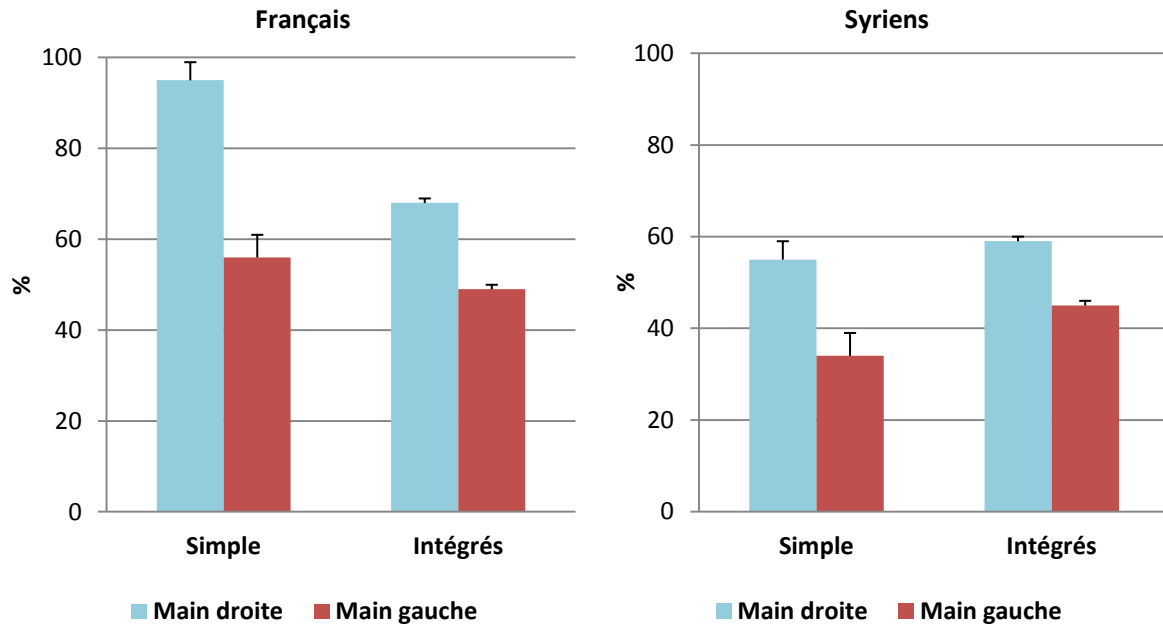


Figure 25 : Respect du principe de direction gauche-droite en fonction du Contexte et de la Main chez les enfants syriens et les enfants français.

Le respect du principe de direction gauche-droite est plus élevé en traçant un segment isolé (61%) que des segments intégrés (55%). Par ailleurs, les deux groupes se différencient plus lorsqu'ils produisent une seule ligne horizontale que des lignes intégrées. Comme le montre la Figure 25, les deux groupes appliquent ce principe beaucoup plus lorsqu'ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche. Cette divergence entre les deux mains est plus notable qu'ils tracent une seule ligne horizontale plutôt que des lignes intégrées, surtout chez les français.

Pour ce qui concerne le respect de ce principe dans le tracé d'un segment isolé (modèle 2), on note des effets significatifs de la Culture, $F(1,154) = 37.40, p < .001$, et de la Main, $F(1,154) = 40.13, p < .001$. Par ailleurs, l'interaction Culture x Main est marginalement significative, $F(1,154) = 3.47, p = .08$. Nous ne relevons pas d'effet d'Age ($p = .60$), ni d'interaction entre Age, Culture, et Main ($p = .70$). La Figure 26 rapporte l'évolution avec l'âge du respect de ce principe en dessinant un seul segment isolé en fonction de la main et chez les enfants français (à gauche) et chez les enfants syriens (à droite).

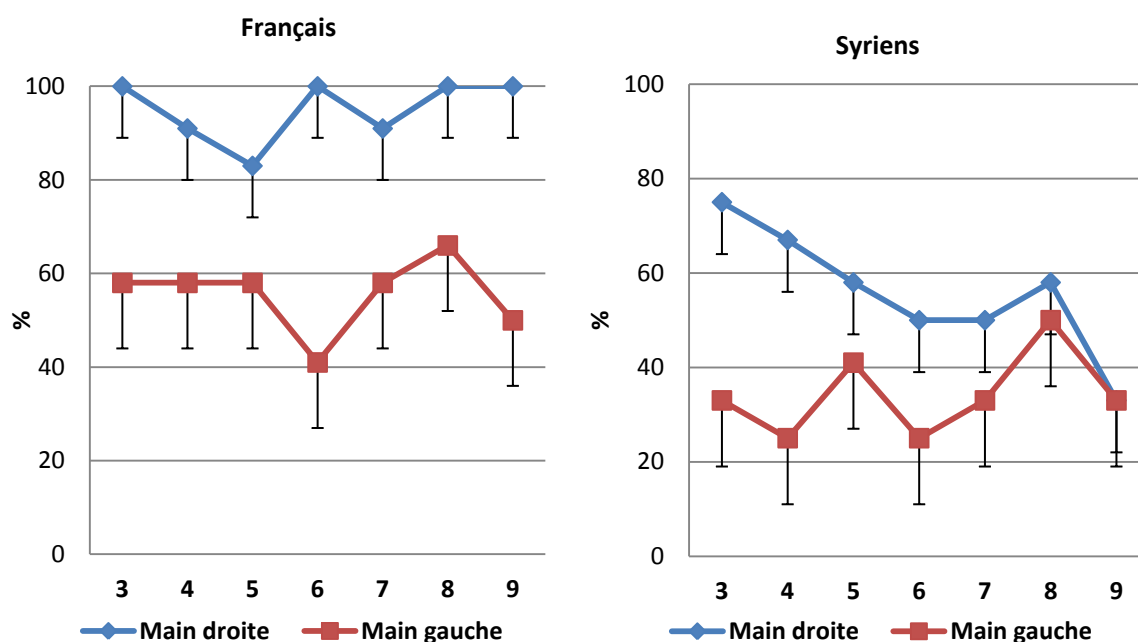


Figure 26 : Respect du principe de direction gauche-droite en dessinant un seul segment, en fonction de l'Age et de la Main chez les français et les syriens.

Globalement, les enfants français (75 %) procèdent plus souvent de gauche à droite que les syriens (45 %), et ils appliquent ce principe avec la main droite (75 %) plus qu'avec la main gauche (45 %). La différence entre les deux groupes est plus importante lorsqu'ils utilisent la main droite que la gauche. Comme le montre la Figure 26, les français tendent à tracer de gauche à droite avec la main droite plus souvent qu'avec la main gauche, à tous les âges. Le respect de ce principe diminue avec l'âge chez les syriens, de même que la différence entre les deux mains se réduit de façon importante avec l'âge. Les enfants syriens de 3 à 5 ans tracent de gauche à droite avec la main droite beaucoup plus qu'avec la main gauche tandis que les plus âgés n'appliquent plus ce principe, quelle que soit la main utilisée.

Pour ce qui concerne le respect de ce principe dans le tracé des segments intégrés, l'ANOVA révèle un effet significatif des facteurs Culture, $F(1,154) = 10.88, p < .001$ et Main, $F(1,154) = 132.99, p < .001$ et de l'interaction Age x Main, $F(6,154) = 3.65, p < .01$. L'interaction Main x Culture est tendanciellement significative, $F(1,154) = 2.89, p = .09$. L'effet de l'Age n'est pas significatif ($p = .79$). La Figure 27 représente l'évolution du respect de ce principe avec l'âge en fonction de la main chez les enfants français (à gauche et chez les enfants syriens (à droite).

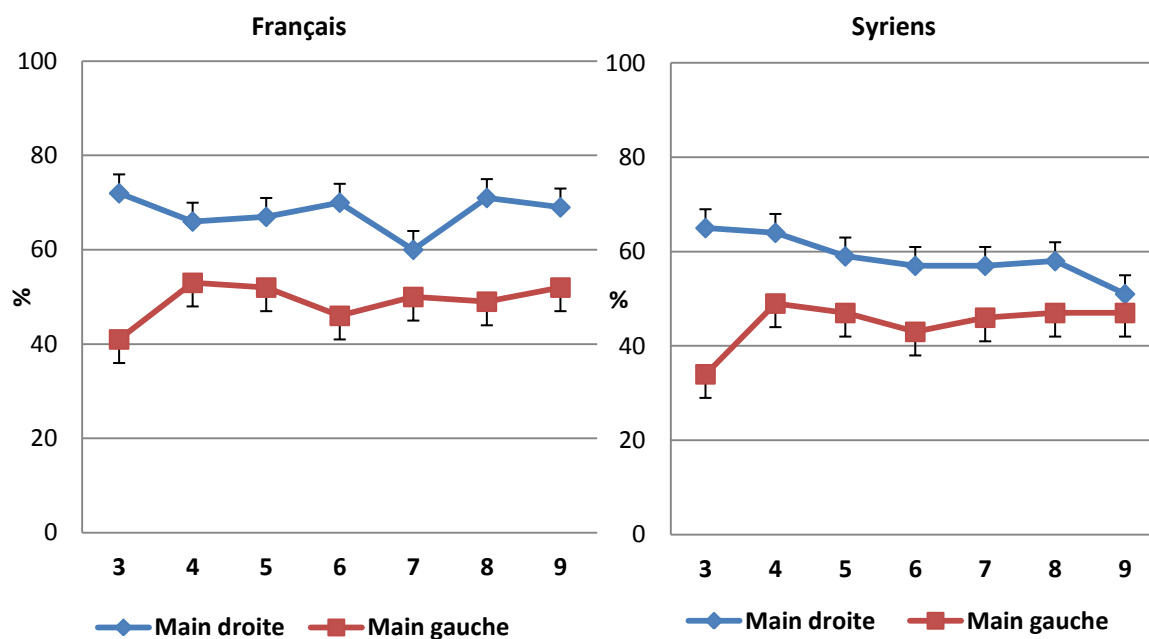


Figure 27: Respect du principe de direction gauche - droite en fonction de l'âge et de la main chez les enfants syriens et les enfants français

Comme l'indique la figure 27, les enfants français (59 %) respectent légèrement plus souvent le principe de direction de gauche à droite que les syriens (52 %). Les enfants syriens et les enfants français se différencient plus quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur main gauche. Enfin, les deux groupes tracent davantage de gauche à droite lorsqu'ils dessinent avec la main droite qu'avec leur main gauche, et tracent aussi bien de droite à gauche que de gauche à droite lorsqu'ils utilisent la main gauche. Notons qu'à 3 ans, la différence entre les deux mains est encore plus marquée qu'aux autres âges, comme l'atteste l'interaction significative.

En analysant séparément les données des enfants syriens (Figure 27), nous pouvons constater une interaction significative entre Age et Main, $F(6,77) = 2.62, p < .05$. La différence entre les deux mains est plus marquée chez les enfants de 3 ans alors qu'elle diminue avec l'âge, les deux mains se comportant de la même façon chez les enfants de 9 ans. Cette interaction n'est pas significative chez les français ($p = .10$). Aucun autre effet n'est significatif.

- Le principe de rotation dans le sens anti-horaire

Nous avons observé ce principe dans la copie des modèles 13 et 14, pour lesquels les plus jeunes enfants de 3 ans, un enfant syrien et deux enfants français de 4 ans, ont trouvé des difficultés à dessiner.

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(5, 130) = 8.81$, $p < .001$. Une interaction entre Age et Culture apparaît marginalement significative, $F(5, 130) = 2.05$, $p = .08$. La Figure 28 illustre ces données.

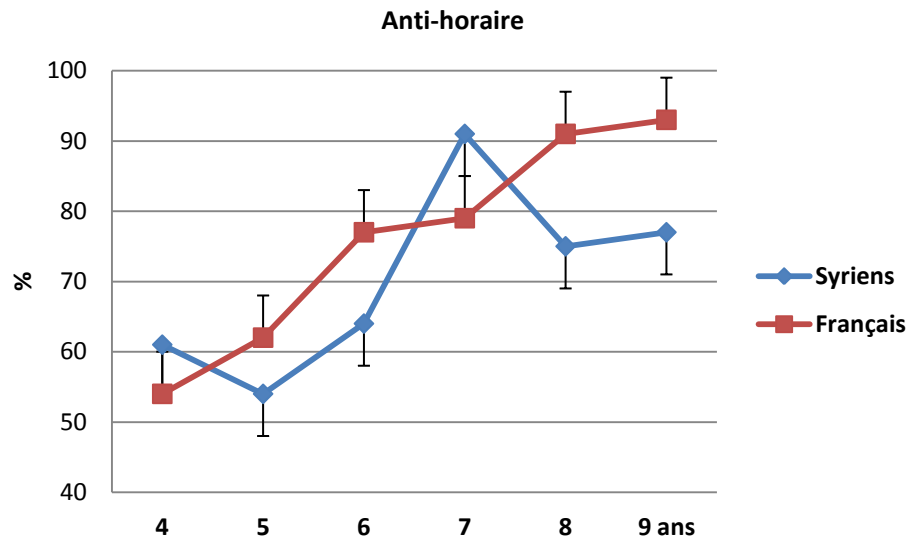


Figure 28 : Respect du principe de rotation dans le sens anti-horaire en fonction de l'âge et de la culture

Globalement, le respect de rotation dans le sens anti-horaire augmente avec l'âge. Les français dessinent plus les cercles dans le sens anti-horaire que les syriens, sauf à l'âge de 3 et 7 ans, où les syriens appliquent plus ce principe que les français. On ne note aucun effet de la Main ($F < 1$), ni d'interaction Culture x Main ($p = .31$). Aucun autre effet n'est significatif.

- Le principe des parallèles

Le principe des parallèles renvoie au fait de dessiner des parallèles en succession dans des figures parallélépipédiques (*modèles 10 et 11*). Le groupe de 3 ans a été éliminé de l'analyse ainsi que deux enfants syriens, un enfant français de 4 ans et un enfant français de 5 ans.

L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif dans nos résultats. Ce principe s'avère très peu utilisé à tous les âges, allant de 0 % à 5,20 % au maximum, quelles que soient la culture du sujet et la main utilisée.

- Le principe de continuité indexé par le nombre de levers de crayon

Nous avons pris en compte le nombre de levers de crayon effectués pour réaliser le dessin. L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(6, 152) = 2.76, p < .01$, de la Culture, $F(1, 152) = 22.49, p < .001$ et de l'interaction Age x Culture, $F(6, 152) = 2.20, p < .05$. La Figure 29 illustre ces données.

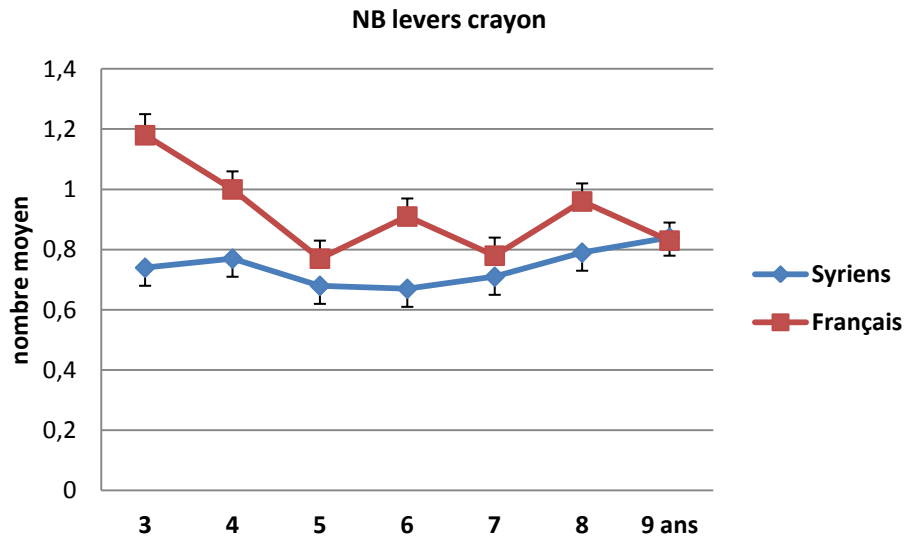


Figure 29 : Nombre moyen de levers de crayon en fonction de l'âge et de la culture.

Nous constatons que les syriens dessinent de manière plus continue que les français, mais la différence devient moins importante chez les enfants plus âgés. De plus, les français soulèvent de moins en moins le crayon avec l'âge, alors que l'on ne trouve pas cet effet chez les syriens. L'analyse des données des enfants syriens seuls montre que l'effet de l'Age n'est effectivement pas significatif pour eux ($F < 1$).

L'effet Main est significatif, $F(1, 152) = 27.61, p < .001$, comme l'interaction Age x Main est significative, $F(6, 152) = 2.20, p < .05$. Les résultats sont illustrés par la Figure 30.

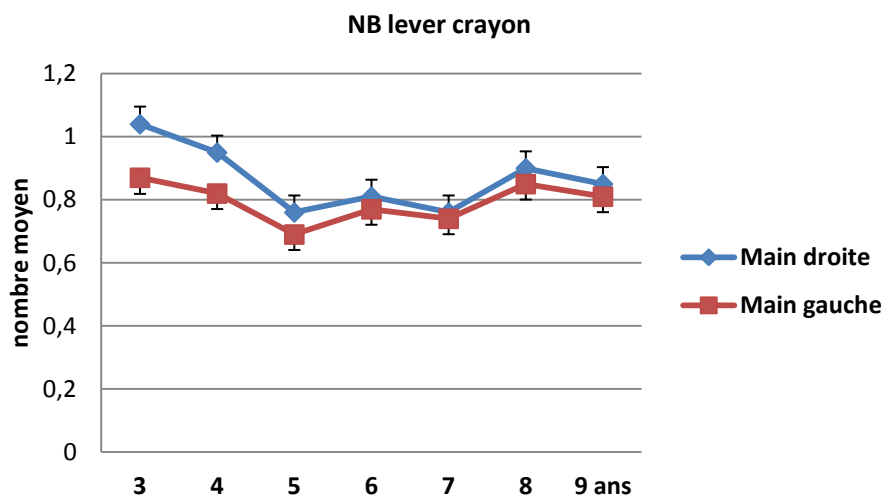


Figure 30 : Nombre moyen de levers de crayon en fonction de l'âge et de la main.

Nous constatons que les enfants, à tous les âges, soulèvent plus le crayon lorsqu'ils dessinent avec la main droite qu'avec la main gauche. Cette différence est plus remarquée chez les enfants plus jeunes, la différence entre les deux mains se réduisant avec l'âge.

Aucun autre effet n'est significatif.

- Le principe de continuité indexé par l'ancrage fluide

Le principe de l'ancrage fluide (traçage en continu) a été observé dans la copie des modèles 6, 7, 8, 9, 13 et 14. En raison du fait que certains enfants n'arrivaient pas à dessiner ces modèles, cinq enfants de 3 ans (2 Français et 3 Syriens) ont été éliminés ainsi qu'un enfant syrien de 4 ans.

L'ANOVA révèle que l'interaction Age x Culture est significative, $F(6, 148) = 2.22, p < .05$. Cependant, aucun effet de Culture ($p = .94$), ni d'effet d'Age ($p = .30$) n'apparaît. Comme l'indique la Figure 31, on constate que les syriens dessinent de manière plus continue avec l'âge, cette augmentation apparaissant entre 3 et 7 ans, alors que chez les français, il n'y a aucune différence avec l'âge entre 3 et 9 ans.

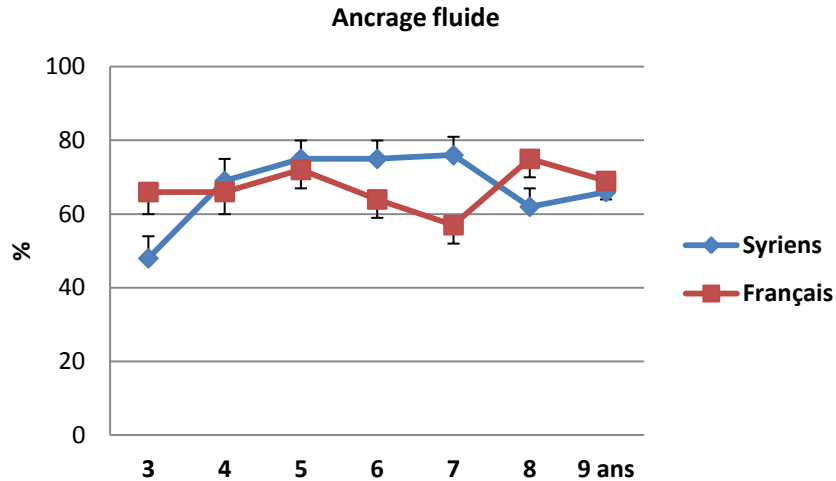


Figure 31 : Respect du principe de l'ancrage fluide en fonction de l'âge et de la culture.

Un effet tendanciel de la Main est observé, ($p = .09$). L'interaction Culture x Main est par contre significative, $F(1, 148) = 5.03, p < .05$.

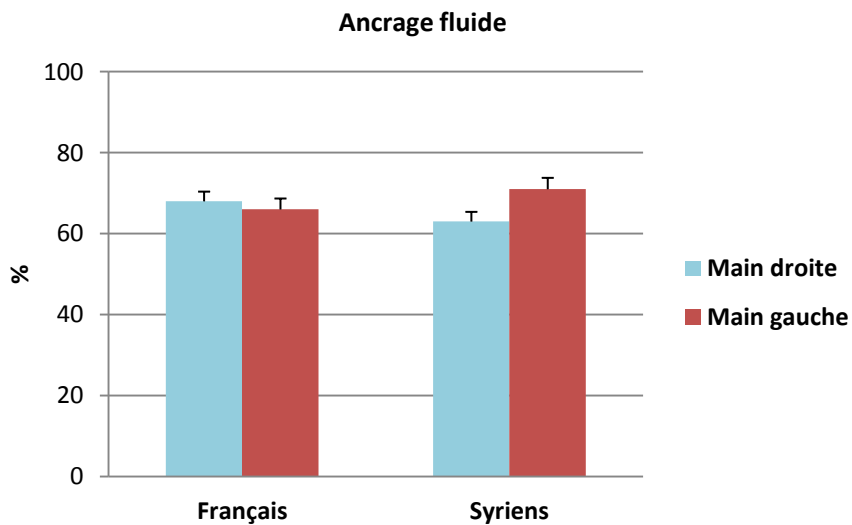


Figure 32 : Principe de l'ancrage fluide en fonction de la culture et de la main.

Comme le révèle la Figure 32, les enfants syriens utilisent plus le principe de l'ancrage fluide lorsqu'ils dessinent avec la main gauche qu'avec la main droite, alors qu'aucune différence n'est observée chez les enfants français. Aucun autre effet n'est significatif.

- *Les principes d'organisation globale :*

- Le principe Start Rotation Principle (SRP)

Nous avons codé ce principe dans la copie des modèles 13 et 14. Le groupe des 3 ans, un enfant syrien et deux enfants français de 4 ans ont été éliminés en raison de leurs difficultés pour dessiner ces modèles.

L'effet Age, $F(5, 130) = 2.47$, $p < .05$ et l'interaction Age x Culture, $F(5, 130) = 2.96$, $p < .01$, se montrent significatifs. La Figure 33 illustre ces données.

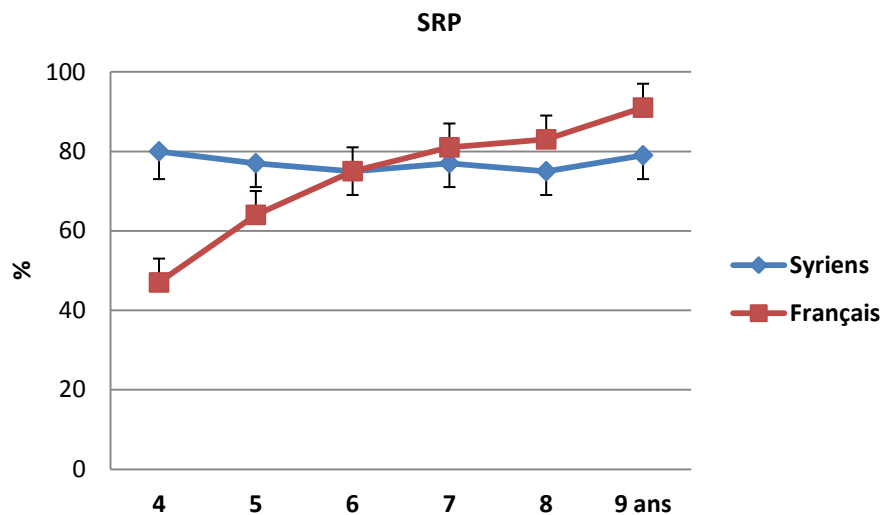


Figure 33: Respect du SRP en fonction de l'âge chez les Français et les Syriens

Le respect du SRP devient plus fort avec l'âge chez les enfants français seulement. Si le respect du SRP apparaît important chez les français dans les âges plus avancés, les syriens appliquent fortement le SRP à tous les âges.

L'effet de la Main, $F(5, 130) = 2.47$, $p < .05$ et l'interaction Culture x Main, $F(1, 130) = 16.16$, $p < .001$, se montrent significatifs, comme le rapporte la Figure 34.

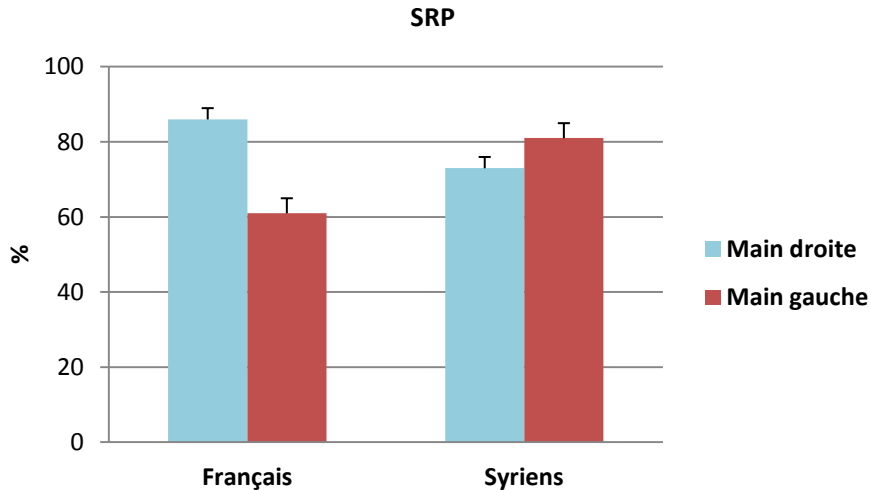


Figure 35: Respect du SRP en fonction de la main chez les Français et les Syriens

Les enfants français appliquent plus souvent le SRP quand ils dessinent avec leur main droite qu'avec leur gauche, alors que c'est l'inverse chez les enfants syriens, qui tendent à utiliser ce principe plus avec leur main gauche qu'avec leur main droite. Les français se différencient ainsi plus par rapport à la main utilisée que les syriens.

Aucun autre effet n'est significatif.

- Le principe d'exécution centripète (PEC)

Nous avons observé ce principe dans la production des modèles 10 et 11, après avoir éliminé le groupe des 3 ans, un enfant français et deux enfants syriens de 4 ans, et un enfant français de 5 ans. Ce principe est extrêmement utilisé à tous les âges, oscillant entre 95 % et 100 %. Aucun effet n'est significatif statistiquement.

- *Analyse des erreurs de copie du modèle :*

- Erreurs de forme, de taille ou d'orientation

Nous pouvons illustrer de façon plus précise les erreurs de copie de forme, taille et orientation que nous avons observées.

Nous avons codé la conformité des dessins produits aux modèles 3 à 14. Les Figures 37 à 41 illustrent les différents types d'erreurs observées avec quelques exemplaires tirés des dessins des enfants de 3 et 4 ans.

Nous avons codé, pour tous les modèles, si les dessins reproduisaient la forme de manière correcte ou non. Deux enfants français de 3 ans ont été éliminés au cours de cette analyse. L'ANOVA révèle un effet significatif du facteur Age, $F(6, 152) = 81.64, p < .001$, de l'effet Culture, $F(1, 152) = 6.01, p < .01$, de Main, $F(1, 152) = 99.99, p < .001$, de l'interaction Age x Culture x Main, $F(6, 152) = 3.90, p < .01$ et de l'interaction Age x Main, $F(6, 152) = 5.57, p < .001$. La Figure 36 rapporte l'amélioration des performances de dessin avec l'âge en fonction de la main chez les enfants français (à gauche) et chez les enfants syriens (à droite).

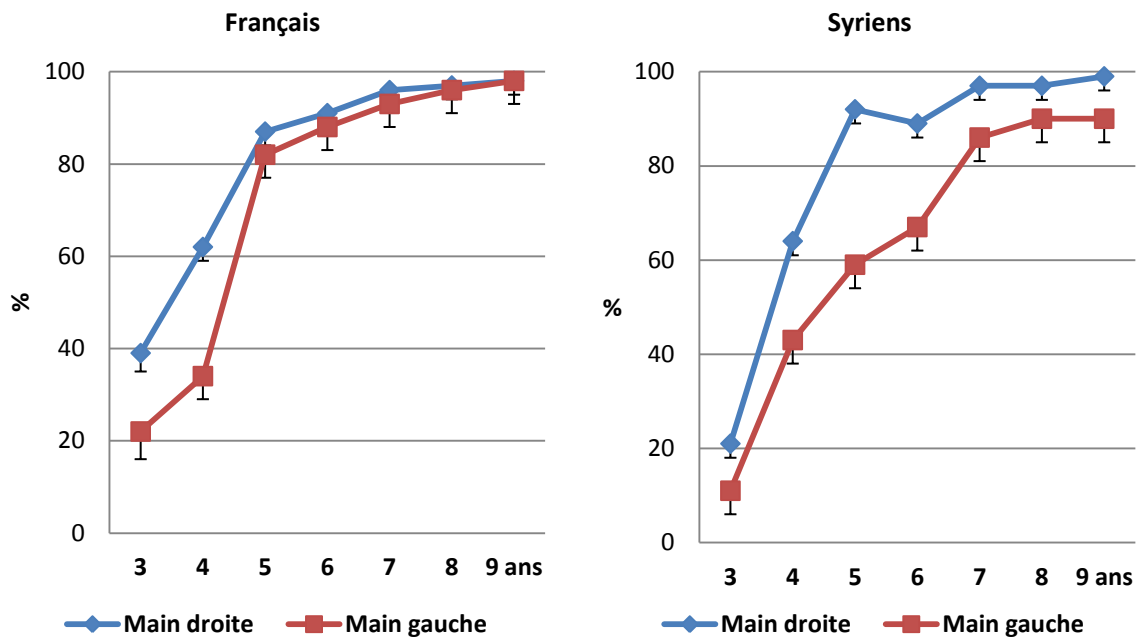


Figure 36 : Pourcentages de formes correctes en fonction de l'âge et de la main chez les Français et les Syriens

Les sujets dessinent de plus en plus de formes correctes avec l'âge et produisent plus de formes correctes avec leur main droite (81 %) qu'avec leur main gauche (69 %). Les français (77 %) copient plus correctement les figures géométriques que les syriens (72 %).

L'interaction entre Main et Culture est significative, $F(1, 152) = 10.30, p < .001$. Les deux groupes produisent plus correctement leurs dessins avec la main droite qu'avec la main gauche, les

syriens se différenciant plus par rapport à la main utilisée que les français. La différence entre les deux mains est plus importante chez les français à 3 – 4 ans, alors qu'elle est importante chez les syriens entre 4 et 6 ans surtout.

La Figure 37 comporte des exemples de dessins où la forme ou la taille de certains éléments des objets ont été changés sans altérer la forme globale du modèle (A, le modèle 13 ; B, le modèle 11).

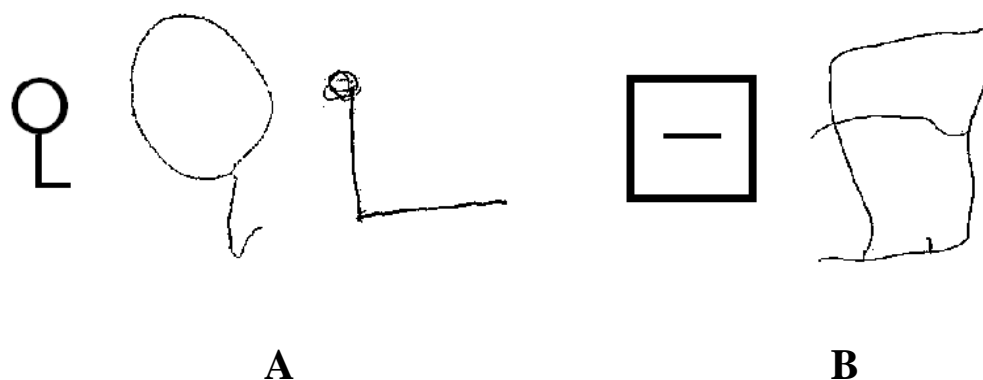


Figure 37 : Changements de forme ou de taille de certains éléments des objets

Comme le montre le Tableau 2, ce type d'erreurs est plus marqué à l'âge de 3 ans que 4 ans, et avec la main gauche qu'avec la main droite pour les 3 ans en particulier.

Tableau 2 : Pourcentage de sujets qui changent la forme ou la taille des éléments de la figure pour les deux groupes à l'âge de 3 et 4 ans.

	Français		Syriens	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
3 ans	29 %	35 %	28 %	37 %
4 ans	13 %	18 %	17 %	19 %

La Figure 38 fournit des exemples de dessins dans lesquels les enfants ont modifié la forme globale des objets (A, le modèle de croix devient un signe de multiplication ; B, un triangle est dessiné

comme un cercle ; C, un autre triangle est tracé comme un carré ; D, un carré est tracé comme un cercle ; E, un autre carré est dessiné comme un triangle).

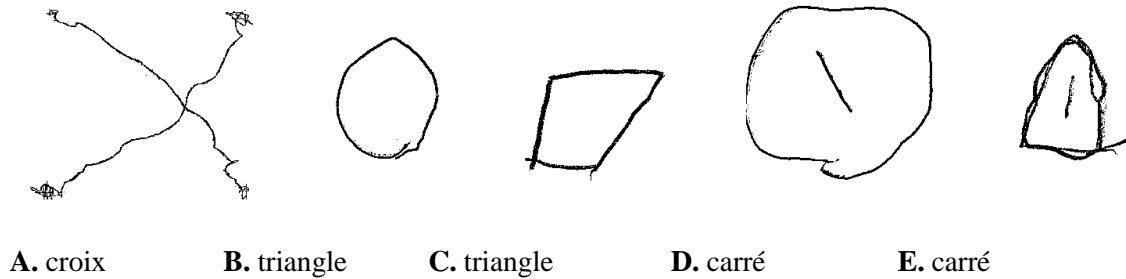


Figure 38 : Modification de la forme globale des objets

Le Tableau 3 indique que la moitié des enfants de 3 ans tend à modifier la forme globale de la figure copiée surtout lorsqu'ils utilisent la main gauche. Les enfants de 4 ans respectent beaucoup plus la forme globale du modèle.

Tableau 3 : Pourcentage de modification globale de la forme chez les enfants de 3 et 4 ans.

	Français		Syriens	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
3 ans	55 %	67 %	52 %	62 %
4 ans	26%	25 %	26 %	27 %

Des changements de la position/ orientation des éléments sont illustrés dans la Figure 39 (A position des cercles du modèle 12 ; B. orientation du dessin pour le modèle 9).

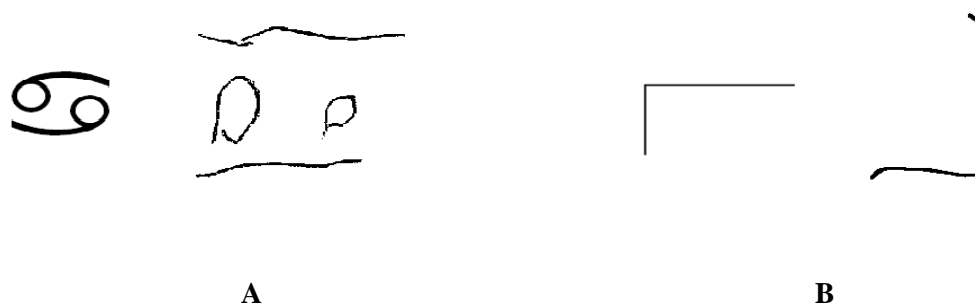


Figure 39 : Changements de position/ orientation des éléments.

Le Tableau 4 rapporte le pourcentage moyen de ce type d'erreurs dans les copies des figures géométriques réalisées par les enfants syriens et français avec les deux mains. Les enfants de 3 ans changent la position et l'orientation des éléments avec la main gauche plus qu'avec la main droite.

Tableau 4 : Pourcentage moyen de changements de la position et de l'orientation des éléments chez les enfants de 3 et 4 ans.

	Français		Syriens	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
3 ans	18 %	25 %	15 %	27 %
4 ans	9 %	8 %	10 %	15 %

La Figure 40 montre des exemples d'ajouts d'éléments (comme des rayons de soleil), L'ajout des éléments est largement marqué dans le dessin de soleil.

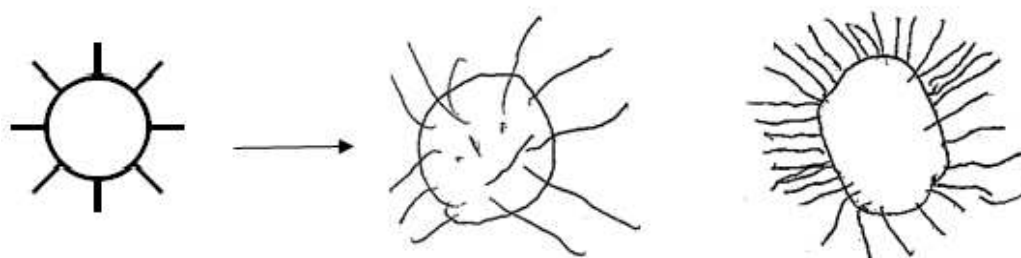


Figure 40 : Ajout d'éléments

Ce type d'erreurs n'est remarqué que dans le dessin de soleil. De plus, aucun enfant de 3 et 4 ans ne respecte le nombre des rayons de soleil. Le Tableau 5 montre que les enfants français de 4 ans tendent largement à ajouter des rayons quelle que soit la main utilisée. Par ailleurs, si les enfants de 4 ans ajoutent des rayons, les enfants de 3 ans tendent à minimiser le diminuer des rayons de soleil dessinés.

Tableau 5 : Pourcentage moyen d'ajouts ou réduction de rayons de soleil chez les enfants de 3 et 4 ans.

	Français		Syriens	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
3 ans	48 %	28 %	29 %	40 %
4 ans	83 %	83 %	63 %	44 %

Enfin, la Figure 41 présente des exemples de dessins incomplets (A. les segments du carré ; B. le segment vertical du modèle 6).

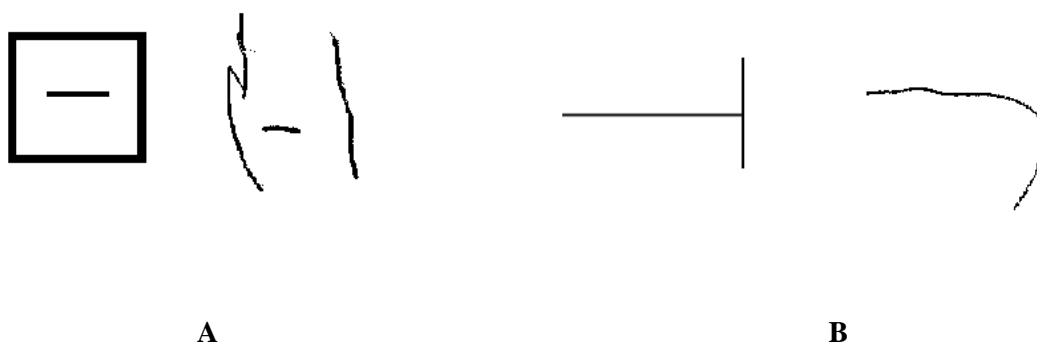


Figure 41 : Dessins incomplets

Le Tableau 6 indique que ce type d'erreurs s'avère très peu présent dans les dessins des enfants de 4 ans.

Tableau 6 : Pourcentage moyen de dessins incomplets réalisés par les enfants de 3 et 4 ans.

	Français		Syriens	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
3 ans	14 %	12 %	16 %	19 %
4 ans	4 %	5 %	10 %	5 %

- Constructions en miroir

Nous avons analysé le nombre de dessins en miroir dans la production des modèles 6, 7, 8, et 9. Un enfant syrien et 3 enfants français de 3 ans, ont été éliminés à cause de leurs incapacités à dessiner ces modèles avec la main gauche.

L'ANOVA révèle un effet significatif des facteurs Age, $F(6, 150) = 18.41, p < .01$, et Main, $F(1, 150) = 8.95, p < .01$, de même que de l'interaction Age x Main, $F(6, 150) = 4.16, p < .001$.

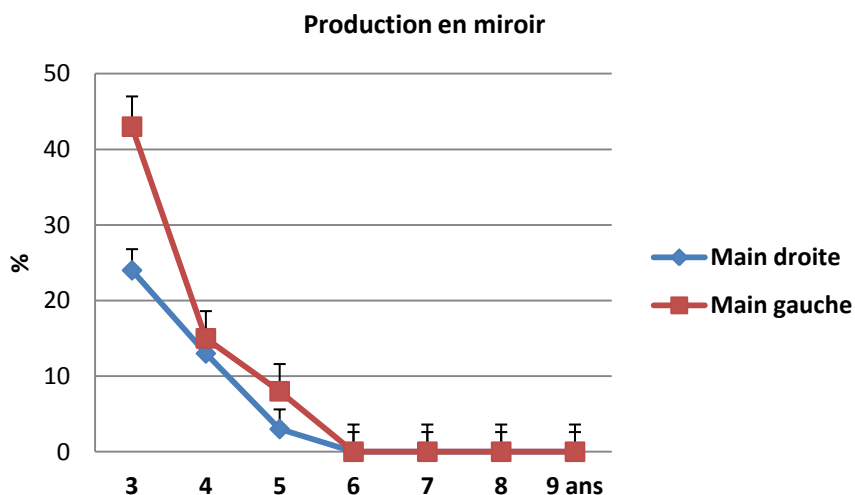


Figure 42 : Pourcentage de productions en miroir en fonction de l'âge et de la main.

Comme le montre la Figure 42, des productions en miroir sont observées dans les dessins des plus jeunes enfants (*de 3 à 5 ans*), ce phénomène disparaissant avec l'âge. Ces productions sont plus fréquentes avec la main gauche qu'avec la main droite chez les enfants de 3 ans. Aucun autre effet n'est significatif.

La Figure 43 illustre les dessins de ces modèles dans les deux groupes d'enfants de 3 à 5 ans.

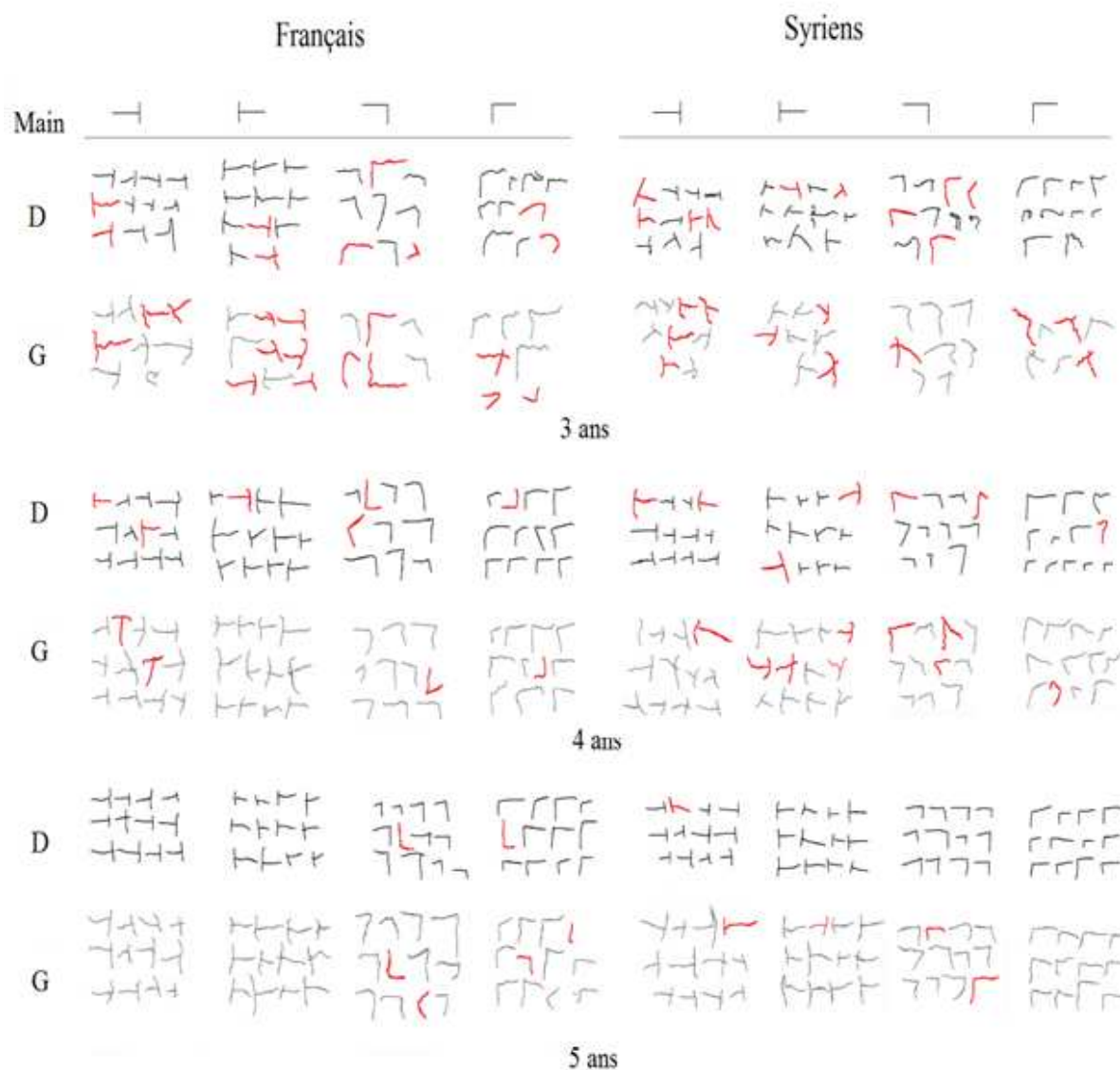


Figure 43 : Dessins des modèles 6, 7, 8, et 9, par les enfants syriens et français

Note : Nous avons retracé par dessus les dessins exécutés en miroir de la main gauche. On constate une différence de pression évidente entre les deux mains, les dessins réalisés de la main gauche étant produits avec une faible pression. Nous avons coloré en rouge les dessins produits en miroir.

Discussion

Tout au long de cette étude, nous avons cherché à étudier les effets de l'âge et de contraintes biomécaniques sur la directionnalité des mouvements graphiques chez des enfants français et syriens d'écoles maternelle et primaire. Nous allons confronter, dans un premier temps, nos résultats aux travaux de la littérature sur ce thème en abordant la question des effets de l'apprentissage et du développement. Ensuite, nous allons montrer l'impact des contraintes biomécaniques sur le comportement graphique de l'enfant.

Les deux groupes culturels ont montré une tendance similaire à appliquer certaines règles graphiques déjà connues dans la littérature (Goodnow, Levine, 1973 ; Liebllich, Ninio, Kugelmass 1975 ; Sommers, 1981 ; Nihei, 1983 ; Magnan, Baldy, Chatillon, 1999). Les principes de départ en haut, de tracé de haut en bas, de continuité indexé par l'ancrage fluide, de rotation dans le sens anti-horaire, celui du SRP, le principe d'exécution centripète, sont le plus souvent respectés par les deux groupes culturels avec la main droite. En revanche, le principe des parallèles n'est respecté que par très peu des sujets, et peu d'enfants ont débuté le triangle par le sommet en haut puis à gauche. Les deux groupes préfèrent commencer le dessin de triangle par le point situé en bas et à gauche en montant l'oblique vers le sommet quelle que soit la main utilisée. Cette tendance n'est pas seulement apparente que chez les jeunes enfants, comme l'avaient trouvé Braswell et Rosengren (2000), mais tout au long de développement. Enfin, les deux groupes utilisent très majoritairement le PEC décrit par Magnan, Baldy et Chatillon (1999) à tous les âges ; on ne note effectivement pas d'effet d'âge sur ce principe.

Certaines divergences déjà observées chez les adultes sont par contre à considérer entre les deux groupes d'enfants. Une différence apparaît dans l'application du principe de départ à gauche, et conséquemment, du tracé de gauche à droite. Les français démarrent à gauche et tracent de gauche à droite plus souvent que les syriens (Dennis et Raskin, 1960 ; Goodnow et al, 1973 ; Liebllich, Ninio, Kugelmas, 1975 ; De Agostini & Chokron 2002 ; Vaid, 1995). De plus, les enfants syriens, comme les adultes syriens, soulèvent moins le crayon que les français qui dessinent de manière plus discontinue. Ce résultat est contraire à celui de Goodnow et al (1973), qui rapportent que les israéliens dessinent de manière plus discontinue que les américains. Ces différences entre les deux groupes sont dues au mode d'écriture spécifique en arabe et en français. Les syriens habitués à une écriture allant de droite à gauche, généralisent cette directionnalité aux dessins des figures géométriques. Les lettres dans la langue arabe étant liées entre elles pour écrire un mot, ceci entraîne chez les syriens une dominance plus grande du principe de continuité, alors que le système alphabétique français n'exige pas de lier les lettres entre elles pour écrire un mot. Ceci peut expliquer pourquoi les syriens appliquent le principe de progression haut-bas plus fréquemment pour le tracé d'un seul segment simple que de

segments intégrés. Dans la même perspective, les français tracent de gauche à droite plus souvent lorsqu'ils produisent un seul segment isolé que des segments intégrés. La différence entre les deux groupes pour l'application de la direction gauche-droite est également beaucoup plus importante pour la production de segments simples que intégrés. Lorsque le principe de continuité s'oppose au respect des principes de progression, les sujets privilégient le principe de continuité à celui de progression (Simner, 1981 ; Thomassen & Tibosch, 1991 ; Thomassen, Meulenbroek & Hoofs, 1992 ; Vinter, 1994).

L'apprentissage de la lecture et de l'écriture joue un rôle très important dans la préférence directionnelle du dessin de segments simples. Conformément aux études de Lieblich et al (1975) et de Goodnow (1977), la progression gauche-droite est importante chez les enfants de maternelle, et diminue avec l'âge chez les syriens en favorisant la direction droite-gauche à l'âge scolaire, tandis que nous n'avons pas observé d'augmentation de ce principe avec l'âge chez les français. Les français tendent à tracer le trait horizontal de gauche à droite avec la main droite à tous les âges, ce qui confirme les résultats de Gesell et Ames (1946), considérant que dès 2 ans les enfants dessinent la ligne horizontale de gauche à droite. La direction gauche-droite apparaît à tous les âges dans la culture français car la direction des mouvements d'extension vers l'extérieur avec la main droite correspond au sens d'écriture.

En accord avec Goodnow et Levine, (1973), Van Sommers (1984), et Meulenbroek, Vinter, et Mounoud (1993), l'application de certaines règles se renforce avec l'âge dans les deux groupes. Le départ en haut et la direction haut-bas est de plus en plus respecté avec l'âge. Cette évolution est toutefois plus évidente chez les enfants syriens, surtout lorsqu'ils produisent un seul segment vertical. Ce résultat est en accord avec une remarque de Van Sommers (1984), montrant que les enfants plus jeunes partent du corps et prolongent les tracés comme si la feuille était le prolongement du corps. En effet, à l'âge de 3 ans, les enfants tracent tout autant de bas en haut que de haut en bas lorsqu'ils utilisent la main droite, bien qu'ils tracent du haut en bas davantage avec la main gauche. En ce qui concerne le dessin de cercles, conformément aux résultats de Meulenbroek, Vinter, et Mounoud (1993), les enfants d'âge préscolaire tracent préférentiellement les cercles dans le sens horaire, alors que les écoliers préfèrent le sens anti-horaire dominant dans l'écriture alphabétique. De plus, le respect de SRP devient plus fort avec l'âge chez les français comme l'avaient montré ces auteurs. Conformément à Van Sommers (1984), le principe de SRP est appliqué dans environ 70% des productions graphiques et cela surtout chez les syriens, alors que les enfants français plus jeunes ne respectent pas ce principe.

Nos résultats diffèrent quelque peu de la littérature pour ce qui concerne le tracé en continu (ancrage fluide). Nihei (1983) rapporte que l'ancrage fluide apparaît aux environs de 6 ans. Si l'on examine nos résultats relatifs au nombre de levers de crayon, nous ne trouvons aucune évolution avec

l'âge chez les enfants syriens, alors qu'elle va bien dans le sens d'une augmentation de la continuité entre 3 et 6 ans pour les enfants français. Il y a une tendance à la continuité chez les syriens dès le plus jeune âge. Par contre, indexé par l'augmentation du principe d'ancrage fluide, nos résultats favorisent une image un peu divergente de ce développement. Une évolution avec l'âge n'apparaît pas chez les enfants français, alors qu'il y a une évolution chez les enfants syriens, dans le sens d'une évolution progressive de cet ancrage fluide. Chez les français, l'ancrage fluide semble appliqué à un bon niveau dès le plus jeune âge.

La capacité de dessin devient plus performante avec l'âge, d'autant plus avec la main droite. Les enfants produisent leurs dessins avec moins d'erreurs avec la main droite qu'avec la main gauche (Simner 1981, 1984). Le phénomène de production en miroir est notamment observé chez les plus jeunes enfants de 3 ans, et il se réduit considérablement avec l'âge, pour disparaître à 6 ans. Cela confirme les résultats de Fisher (2009), montrant que les enfants français du CP produisent beaucoup moins d'écriture en miroir que les enfants plus jeunes de grande section. La production en miroir est par ailleurs plus fréquente avec la main gauche qu'avec la main droite, ce qui va dans le sens de Hildreth (1950) relativement aux sujets écrivant de la main gauche.

Les mouvements d'extension vers l'extérieur du corps déterminés par des contraintes biomécaniques influence la direction préférée des sujets dans la production des traits. Conformément aux études de Gesell et Ames (1946), Van Sommers (1984), Scheirs (1990), et de Braswell et Rosengren (2000, 2008), le départ à gauche ainsi que le tracé dans la direction de gauche à droite étaient moins souvent appliqués avec la main gauche dans les deux groupes culturels. Les mouvements d'extension vers l'extérieur du corps peuvent expliquer également pourquoi les sujets commencent le dessin du triangle en bas et à gauche avec la main droite plus qu'avec la main gauche, et pourquoi le départ en bas et à droite apparaît avec la main gauche alors qu'il n'est pas signalé avec la main droite.

Comme la règle de continuité domine les autres règles telles que les règles de progression de gauche à droite, les effets culturels et biomécaniques sont plus nets lorsque les enfants tracent une seule ligne. En accord avec Glenn, Bradshaw et Sharp (1995), la différence entre les deux mains devient plus importante lorsque le sujet copie un segment horizontal isolé que des segments composés, surtout chez les français qui tendent largement à tracer de gauche à droite avec la main droite, pendant que cette tendance est moins marquée avec la main gauche. Les mouvements d'extension vers l'extérieur apparaissent clairement dans les deux groupes à tous les âges même chez les plus jeunes enfants, ce qui confirme les résultats de Tan (1982) avec les enfants australiens de 4 ans.

Conformément à notre attente, la différence entre les deux mains est plus marquée chez les enfants de 3 et 4 ans, qui respectent plus les règles graphiques avec la main droite que la gauche. En accord avec Vinter (1994), ce résultat suggère que le comportement graphique des plus jeunes enfants

est dominé par des propriétés biomécaniques. Cette différence entre les deux mains se réduit avec l'âge, les enfants plus âgés utilisant des procédures graphiques similaires avec les deux mains, comme Braswell et Rosengren (2002) l'ont trouvé dans leur étude avec les enfants de 4 à 6 ans. Cependant, dans l'application du principe de départ à gauche et conséquemment du tracé de gauche à droite, nous n'avons pas relevé ces changements développementaux liés aux contraintes biomécaniques chez les français. Contrairement aux résultats de Weiss (1969, 1971), rapportant que les plus jeunes enfants ne montrent pas une préférence directionnelle, on trouve que les français préfèrent le départ à gauche et le tracé vers la droite à tous les âges, lorsqu'ils dessinent avec la main droite plus qu'avec la main gauche. Toutefois, ils ne tracent pas dans la direction opposée lors de dessins effectués avec la main gauche, ce qui montre que les contraintes cognitives semblent donc l'emporter sur les contraintes biomécaniques dans l'enfance. Les mouvements d'extension vers l'extérieur ont été significativement remarqués chez les plus jeunes syriens qui tracent largement le segment simple de gauche à droite avec la main droite et dans la direction opposée avec la main gauche. Cette différence entre les deux mains disparaît avec l'âge, les plus âgés syriens préférant la direction droite-gauche avec les deux mains. Notons que les syriens commencent leurs dessins à gauche avec la main droite et à droite avec la main gauche à tous les âges, à l'exception les enfants de 9 ans qui débutent toujours leurs dessins par la droite.

En conclusion, ces résultats révèlent des changements dans l'utilisation de ces règles en fonction de l'âge. Le respect de la majorité des règles augmente avec l'âge dans les deux groupes culturels, à l'exception du principe de départ à gauche et du principe de direction gauche-droite, qui diminuent avec l'âge chez les syriens. De plus, le respect de ces règles graphiques est plus élevé avec la main droite qu'avec la main gauche, sauf le principe d'ancrage fluide, plus élevé avec la main gauche que la droite chez les syriens. Enfin, la différence entre les deux mains se trouve plus chez les plus jeunes que les plus âgés. Nous mettons en évidence le fait que le comportement graphique des plus jeunes enfants est pleinement déterminé par des facteurs biomécaniques, tandis que celui des plus âgés est sensible à l'influence environnementale liée à la culture (apprentissage de la lecture et de l'écriture).

L'application flexible des règles graphiques chez les adultes et les enfants

Les résultats mis en évidence dans l'expérience précédente indiquent que la force des règles de production graphique évolue avec l'âge et que l'application des règles de production est soumise à la fois aux facteurs culturels et aux contraintes biomécaniques. Ces résultats nous ont conduit à comparer le respect des principes de l'organisation locale entre les enfants et les adultes, Syriens et Français. Bien qu'il y ait de très nombreuses façons, a priori, de produire un pattern géométrique, certaines recherches montrent que les règles de production constituent une forte contrainte sur l'organisation du mouvement. Cependant, lorsqu'un conflit entre règles apparaît pour la réalisation d'une figure, la variabilité dans les séquences adoptées par les sujets augmente (Thomassen & Tibosch, 1991). L'application flexible des règles privilégie le respect des règles de progression horizontale et verticale par rapport au principe de continuité (Vinter, 1994). Les deux types de planification locale (au niveau de segment) et globale (au niveau de la figure) associés et coordonnés, autorisent des conduites graphiques flexibles.

Afin de tester l'installation de cette flexibilité syntaxique, nous avons comparé les performances des enfants et des adultes pour la production de figures géométriques. Les modèles sont illustrés dans la Figure 44. Ces deux modèles, déjà étudiés par Lieblich et al. (1975), nous ont permis d'évaluer l'évolution du respect des principes de départ en haut, à gauche ou par une verticale, les principes de progression de haut en bas et de gauche à droite quand les sujets dessinent les deux segments du carré et les traits intérieurs, au centre de ces modèles, et le principe de continuité indexé par le nombre de levers de crayon.

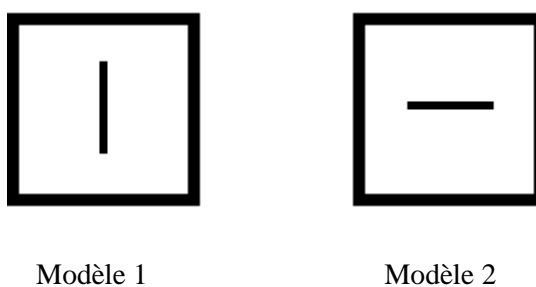


Figure 44 : les deux figures géométriques à reproduire par les adultes et les enfants

Nous avons décidé d'éliminer le groupe de 3 ans, en raison des difficultés rencontrées par ces enfants pour dessiner les deux formes géométriques.

Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture (*Français, Syriens*) et l'Age (4, 5, 6, 7, 8, 9 ans et adultes) comme facteurs intergroupes, la Main (*droite, gauche*) comme facteur intragroupe.

Résultats

- Les principes de départ :

- Le principe de départ en haut

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age $F(6,166) = 6.28, p < .001$, l'effet Main étant marginal $F(1,166) = 3.47, p = .08$. Cependant, l'effet d'interaction Age x Main n'est pas significative ($p = .23$). La Figure 45 illustre ces données.

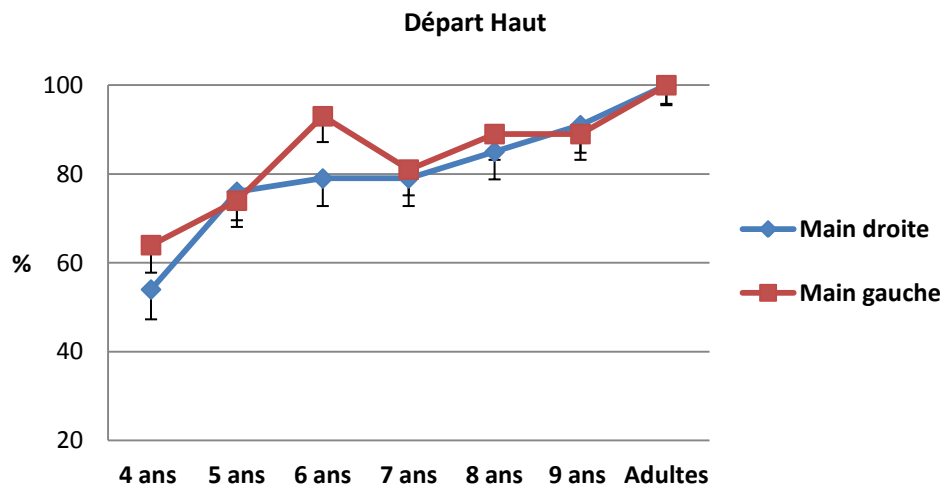


Figure 45 : Respect du principe de départ en haut en fonction de l'âge et de la main

Nous pouvons constater que le respect de principe de départ en haut augmente avec l'âge. Le départ en haut tend à être légèrement plus appliqué lorsque les sujets utilisent leur main gauche (84 %) que leur main droite (80 %). Les adultes démarrent toujours en haut avec les deux mains. La différence entre les deux groupes culturels est très faible, comme l'atteste l'effet Culture qui n'est pas significatif ($F < 1$). Aucun autre effet n'est significatif.

- Le principe de départ à gauche

L'ANOVA révèle un effet significatif du facteur Age $F(6, 166) = 2.90, p < .01$, de l'effet Culture, $F(1, 166) = 63.59, p > .0000$, de l'effet Main, $F(1, 166) = 22.05, p < .001$, et de l'interaction Age x Culture x Main $F(6, 166) = 5.26, p < .0001$. La Figure 46 rapporte l'évolution avec l'âge du respect de ce principe de départ à gauche en fonction de la main et chez les Français (*à gauche*) et chez les Syriens (*à droite*).

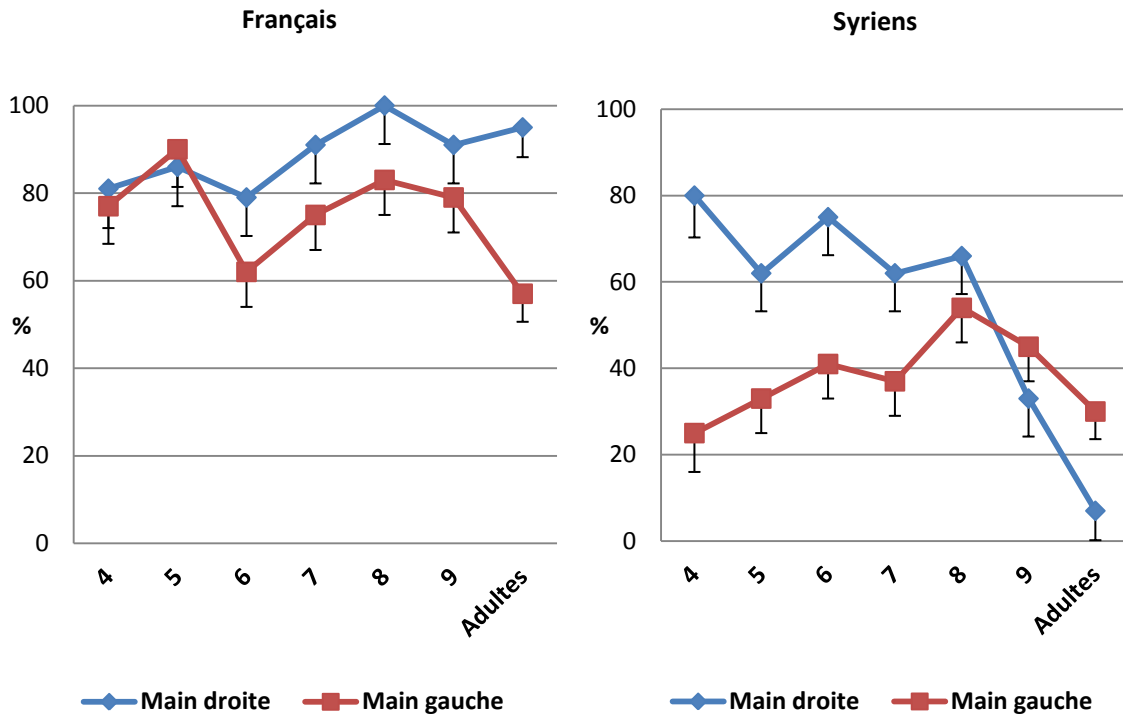


Figure 46 : Respect du principe de départ à gauche, en fonction de l'âge et de la main chez les enfants syriens et les enfants français.

Nous pouvons dire globalement que les français (82 %) démarrent plus souvent à gauche que les syriens (46 %), et que le principe est davantage appliqué avec la main droite (62%) qu'avec la main gauche (46%).

Une évolution très intéressante de ce principe apparait chez les enfants syriens. S'il est davantage appliqué lorsque les syriens utilisent leur main droite que gauche jusqu'à 8 ans, c'est l'inverse qui est à relever ensuite, à 9 ans et à l'âge adulte. En fait, entre 4 ans et l'âge adulte, ce principe est de moins en moins appliqué, ou plutôt il change de nature, au profit de l'application d'un principe de départ à droite. Après 8 ans, la même évolution est trouvée pour la main gauche : application d'un principe de départ à droite.

Pour la population française, le principe de départ à gauche augmente entre 4 ans et l'âge adulte (étant déjà très fort à 4 ans) lorsque la main droite est utilisée, mais il tend à être moins appliqué avec la main gauche.

- Le principe de départ par une verticale

L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1,38) = 21.3, p < .01$. Les français démarrent plus souvent (80 %) avec une ligne verticale que les syriens (53 %). L'effet de l'Age se montre juste significatif, $F(6, 166) = 2.13, p = .05$, nous permettant de dire que globalement, comme le montre la Figure 47, ce principe tend à diminuer avec l'âge, avec un accident à l'âge de 8 ans, où les enfants respectent ce principe plus que les autres groupes d'âge. Aucun autre effet n'est significatif.

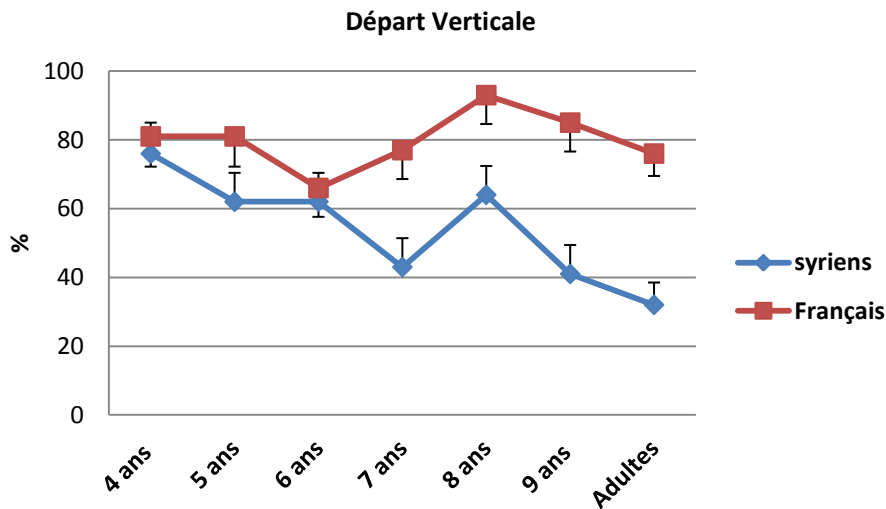


Figure 47 : Evolution avec l'âge du respect du principe de départ par une verticale chez les français et les syriens.

- *Les principes de progression :*

- Le principe de direction haut-bas

Nous avons effectué une ANOVA pour évaluer le respect du principe de progression de haut en bas lorsque le sujet dessine les deux segments verticaux des carrés. L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(6, 166) = 9.09, p < .001$. De plus, une interaction entre Age, Culture et Main est

significative, $F(6, 166) = 4.55, p < .001$. La Figure 48 rapporte l'évolution avec l'âge du respect de ce principe en fonction de la main chez les Français (à gauche) et chez les Syriens (à droite).

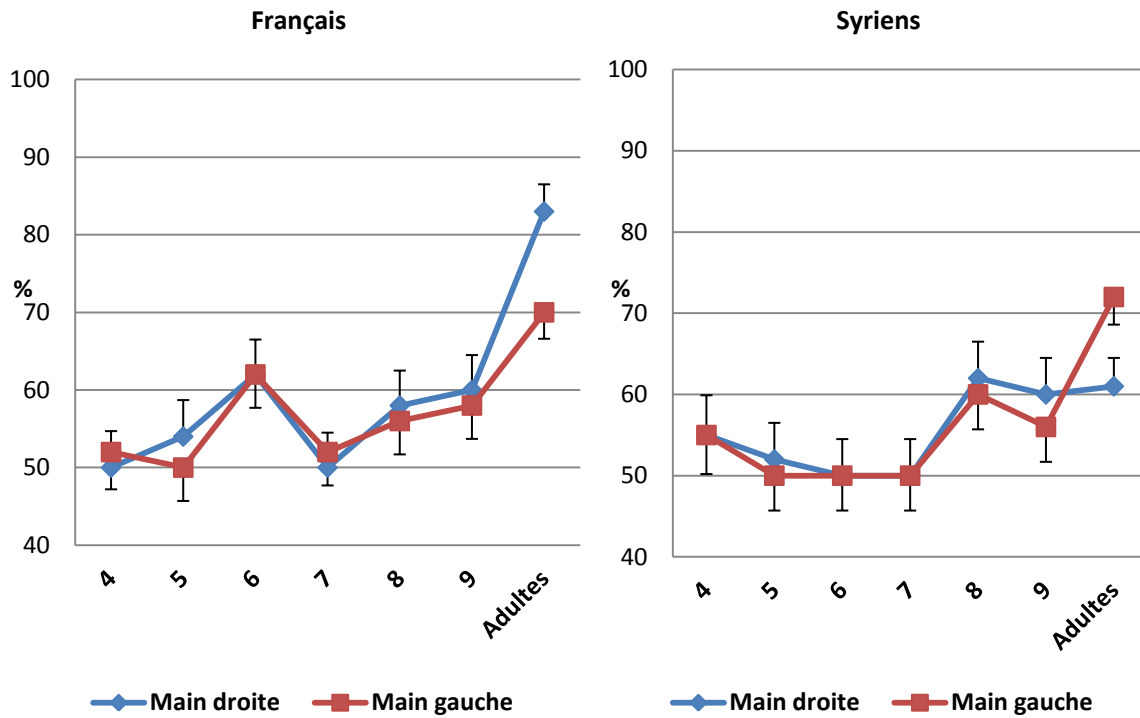


Figure 48 : Pourcentage moyen de respect du principe direction haut – bas pour les deux segments en fonction de l'âge et de la main chez les français et les syriens.

Globalement, le respect du principe de direction de haut en bas augmente avec l'âge, et est davantage appliqué par la main droite que la main gauche dans l'échantillon français adulte, alors que l'inverse est observé chez les adultes syriens.

Aucun autre effet n'est significatif.

Nous avons analysé la direction du trait de la ligne intérieure au centre du modèle 1. L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(6, 166) = 3.57, p < .01$. La Figure 49 présente les données.

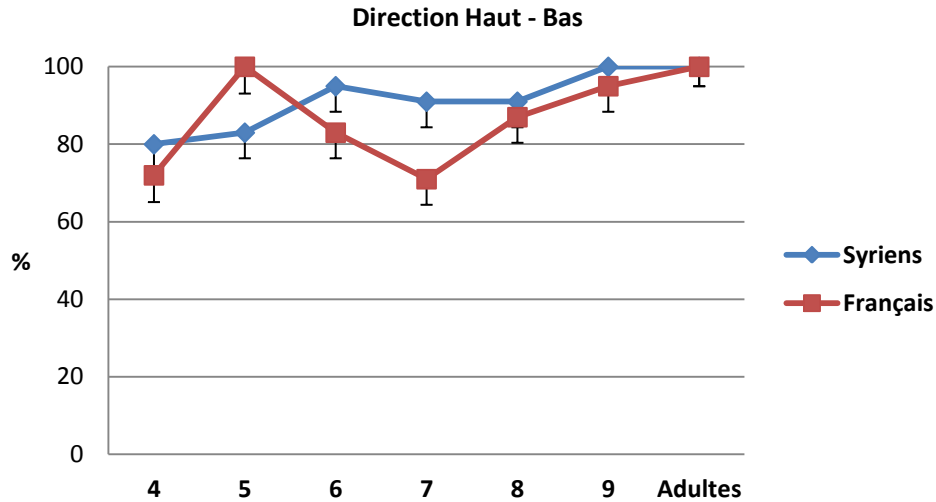


Figure 49 : Evolution avec l'âge du respect du principe direction haut – bas pour un trait simple en fonction de l'âge

Le respect du principe de la direction de haut en bas augmente avec l'évolution de l'âge, avec un "accident" à 7 ans, âge auquel on constate des performances globalement similaires aux enfants de 4 ans.

Nous ne notons pas d'effet de la Culture ($p = .18$), ni d'effet de la Main ($p = .29$) : plus de 87 % des Français et 91 % des Syriens tendent à tracer le trait simple de haut en bas avec les deux mains.

Nous avons aussi comparé le respect de ce principe lorsque le sujet dessine les segments du carré et le trait vertical intérieur. Nous avons ainsi effectué une ANOVA pour étudier l'effet du contexte des segments sur l'application de ce principe, avec l'Age et la Culture comme facteurs intergroupes, la Main et le Contexte du segment comme facteurs intragroupes. L'ANOVA révèle que l'effet de Contexte est significatif, $F(1, 166) = 270.14, p < .001$, et il interagit marginalement avec la Culture, $F(1, 166) = 3.35, p = .08$. Les deux groupes respectent plus ce principe en traçant un seul segment isolé que des segment intégrés, ce qui se note légèrement plus chez les syriens que chez les français.

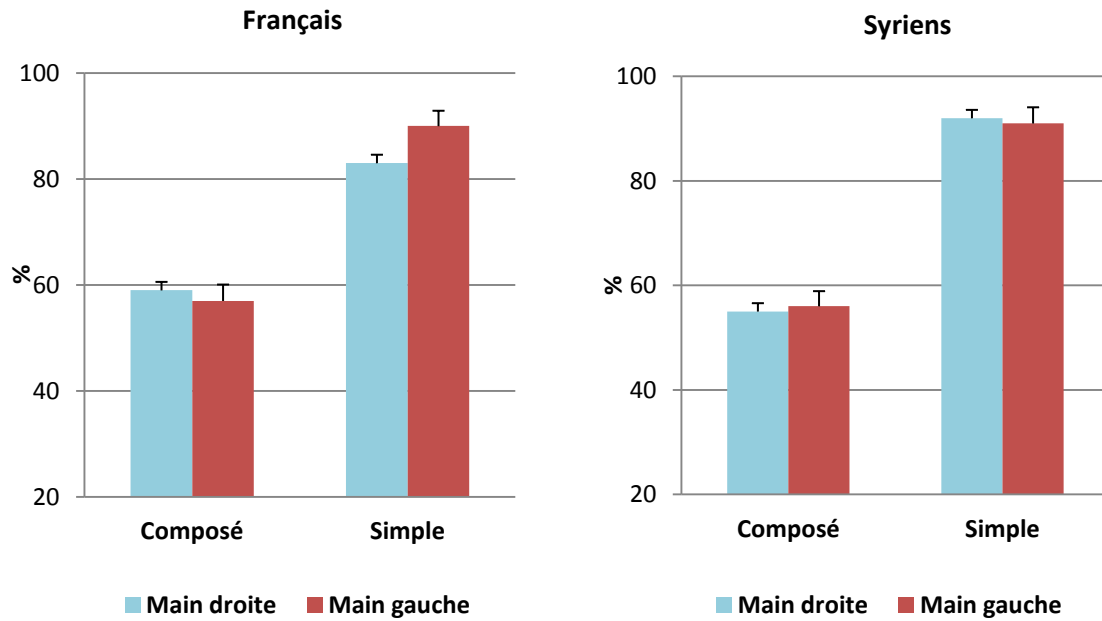


Figure 50 : Respect du principe de direction haut – bas en fonction de la culture, de la main, et du contexte.

- Le principe de direction gauche-droite

Nous avons analysé la direction du trait de la ligne intérieure au centre du modèle 2. L'ANOVA révèle un effet significatif du facteur Culture, $F(1, 166) = 68.71$ $p < .001$ et du facteur Main, $F(1, 166) = 108.36$ $p < .001$. Cependant, aucun effet d'interaction Culture x Main n'est significatif ($F < 1$). Les français (75 %) tracent beaucoup plus souvent la ligne intérieure de gauche à droite que les syriens (40 %), et les deux groupes tracent de gauche à droite avec la main droite (79 %) plus souvent qu'avec la main gauche (36 %). L'effet Age se montre significatif, $F(6,166) = 2.65$, $p < .01$, ainsi que les interactions Age x Culture, $F(6,166) = 4.04$, $p < .001$, Age x Main $F(6,166) = 6.62$, $p < .001$ et Age, Culture x Main $F(6,166) = 3.96$, $p < .001$. La Figure 51 présente l'évolution avec l'âge du respect de ce principe de direction de gauche à droite pour tracer une ligne simple en fonction de la main chez les Français (à gauche) et chez les Syriens (à droite).

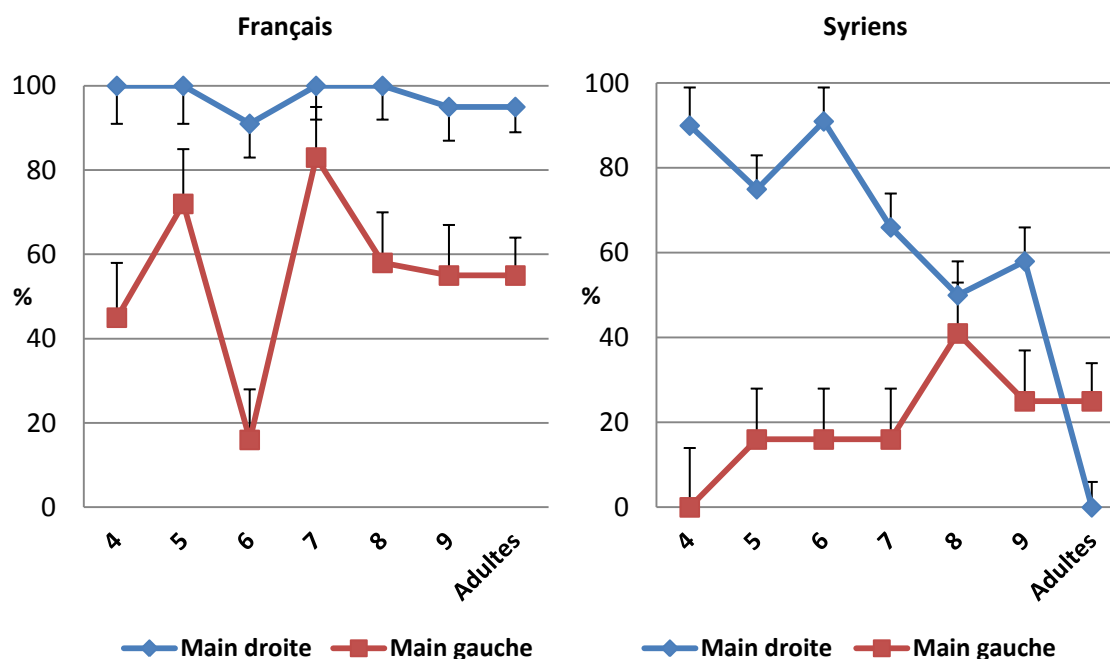


Figure 51: Respect du principe de direction gauche – droite de la ligne simple en fonction de l'âge et de la main chez les syriens et les français

Les français appliquent plus ce principe que les syriens, à tous les âges. Par ailleurs, les syriens se différencient plus en fonction de l'âge et de la main utilisée que les français. Comme le montre la Figure 51, la différence entre les deux mains est plus remarquable chez les plus jeunes enfants syriens que chez les plus âgés, les enfants syriens de 4 ans tendant toujours à tracer une ligne simple de gauche à droite avec la main droite et de droite à gauche avec la main gauche. Nous voyons aussi que la différence entre les deux mains diminue avec l'âge et que, néanmoins, les enfants syriens tracent de gauche à droite avec la main droite et de droite à gauche avec la main gauche, contrairement aux adultes syriens qui tracent de droite à gauche avec les deux mains. Notons que les adultes syriens ne respectent pas du tout le principe de la direction de gauche à droite lorsqu'ils dessinent avec leur main droite, de même que les enfants de 4 ans n'appliquent pas du tout ce principe lorsqu'ils utilisent la main gauche.

Concernant les français (figure 51, à gauche), ils tracent une ligne simple de gauche à droite avec les deux mains, à tous les âges, sauf aux âges de 4 et 6 ans surtout, où les enfants tracent de droite à gauche avec la main gauche.

Une ANOVA a été effectuée pour évaluer le respect du principe de progression de gauche à droite lorsque le sujet dessine les deux segments horizontaux des carrés. L'ANOVA révèle des effets

significatifs de la Culture, $F(1,166) = 15.95, p < .00$, de la Main $F(1,166) = 4.90, p < .05$, et de l'interaction Main x Culture, $F(1,166) = 5.89, p < .01$.

Nous ne notons pas d'effet d'Age ($p = .15$). Cependant, l'interaction Age x Culture est significative, $F(6,166) = 5.71, p < .001$, comme les interactions Age x Main $F(6,166) = 2.59, p < .01$ et Age x Culture x Main $F(6,166) = 4.83, p < .001$. La Figure 52 rapporte l'évolution avec l'âge du respect de ce principe de direction de gauche à droite en fonction de la main chez les Français (à gauche) et chez les Syriens (à droite).

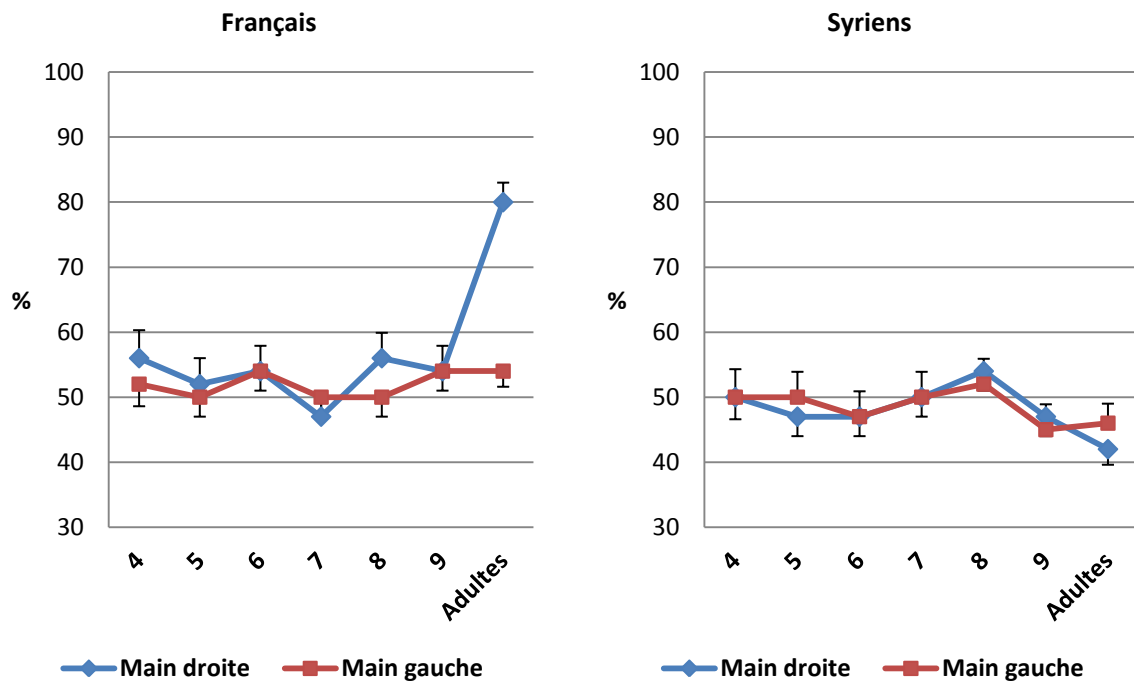


Figure 52 : Respect du principe de départ à gauche pour dessiner les segments du carré, en fonction de l'âge et de la main chez les enfants syriens et les enfants français

Comme le montre la Figure 52, à droite, concernant les français, le respect du principe de direction de gauche à droite est plus souvent appliqué à l'âge adulte que dans l'enfance, notamment avec la main droite. En revanche, les enfants syriens (Figure 52 à droite) tendent à tracer de gauche à droite plus que les adultes, lesquels montrent une tendance à tracer de droite à gauche avec les deux mains. Nous pouvons dire globalement que les français se différencient davantage par rapport à la main utilisée que les syriens, la différence entre les deux mains étant plus remarquable chez les adultes français, comme l'atteste l'interaction triple significative.

Nous avons étudié l'effet de composition des segments sur l'application du principe de direction gauche-droite. Une ANOVA a été effectuée avec l'Age et la Culture comme facteurs intergroupe, la Main et le Contexte du segment (simple, intégré) comme facteurs intragroupes. L'effet du Contexte est significatif, $F(1, 166) = 8.31, p < .01$, et il interagit significativement avec les facteurs Culture, $F(1, 166) = 41.83, p < .001$, et Main, $F(1, 166) = 96.78, p < .001$. La Figure 53 présente le respect de ce principe en fonction du Contexte des segments et de la main chez les Français (à gauche) et chez les Syriens (à droite).

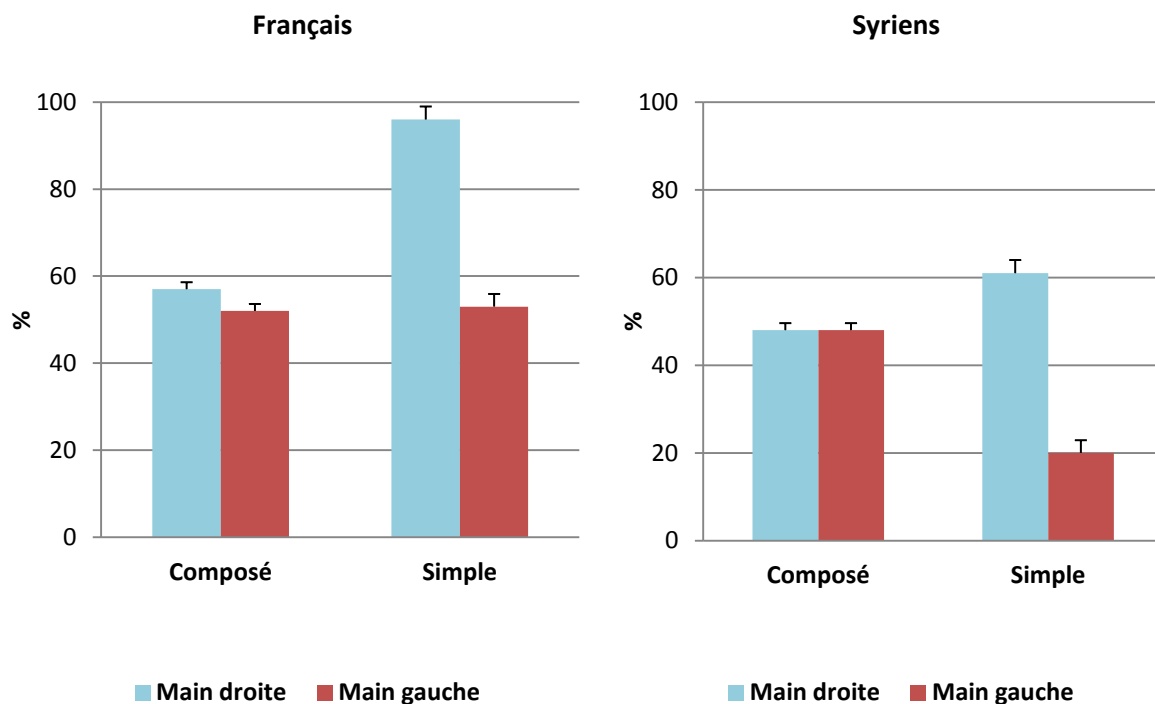


Figure 53 : Respect du principe de direction gauche-droite, en fonction de la culture, de la main, et du contexte.

Globalement, le respect du principe de gauche à droite est plus fort lorsque le sujet trace un seul segment que les deux composés, surtout chez les français. La différence entre les deux mains est beaucoup plus importante dans le tracé du trait simple que composé, le sujet traçant le segment simple de gauche à droite avec la main droite et dans la direction opposée avec la main gauche. On ne note pas cet effet dans la production des segments composés.

Les interactions entre Contexte x Age, $F(6, 166) = 3.83, p < .01$, et l'Age x Culture x Contexte, $F(6, 166) = 7.35, p < .001$, sont significatives.

Comme les Figures 51 et 52 le montrent, l'effet de l'âge apparaît plus clair dans le dessin du segment simple que des segments composés surtout chez la population syrienne alors que la progression gauche-droite diminue avec l'âge en traçant un seul segment.

- Le principe de continuité indexé par le nombre de levers de crayon

Nous avons pris en compte le nombre de levers de crayon effectués pour réaliser le dessin. L'ANOVA révèle un effet significatif du facteur Age, $F(6,166) = 6.31, p < .001$, de l'effet Culture, $F(1,166) = 6.65, p < .01$, Main, $F(1,166) = 65.49, p < .001$, et de l'interaction Age x Main, $F(6,166) = 4.15, p < .001$. L'interaction Age x Culture x Main est marginale, $F(6,166) = 4.15, p < .08$, de même que l'interaction Age x Culture, $F(6,166) = 1.82, p = .09$. La Figure 54 illustre les données chez les Français (à gauche) et les Syriens (à droite).

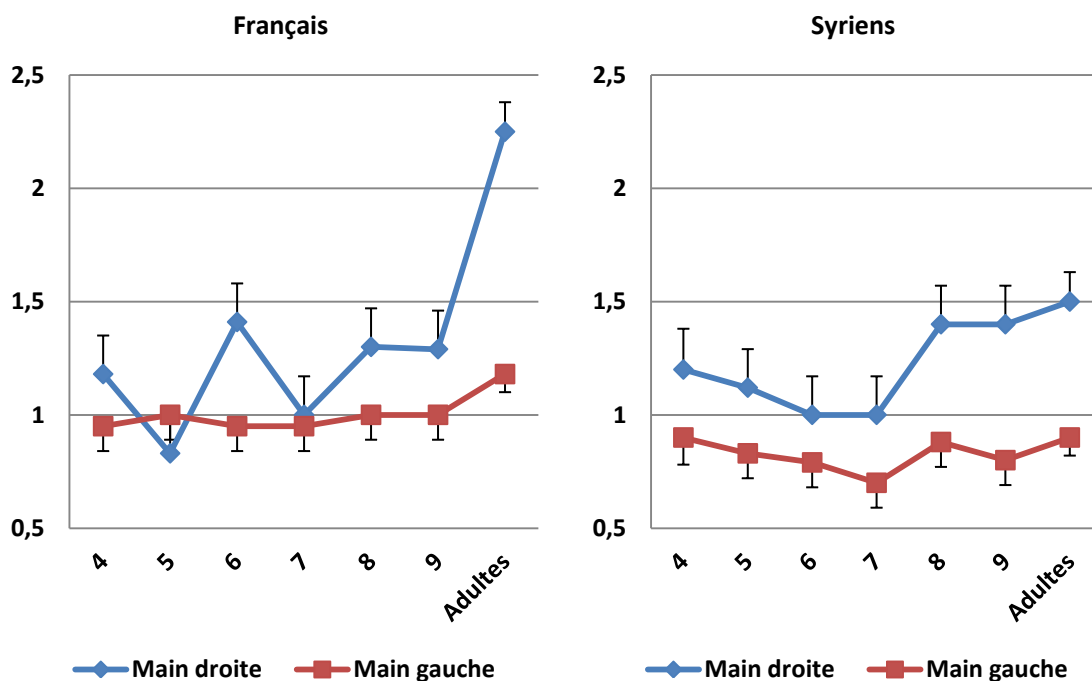


Figure 54 : Nombre de levers de crayon en fonction de l'âge et de la main chez les Syriens et les Français

Les syriens dessinent de manière plus continue que les français, le nombre de levers de crayon augmente avec l'âge dans les deux groupes, surtout entre l'enfance et l'âge adulte. Nous constatons que les sujets soulèvent plus le crayon lorsqu'ils dessinent avec la main droite qu'avec la main gauche.

La différence entre les deux mains augmente dès 8 ans chez les syriens. En revanche, cette différence apparaît fortement chez les adultes français qui soulèvent plus souvent le crayon quand ils copient une figure géométrique avec la main droite que la main gauche.

Aucun autre effet n'est significatif.

Discussion

Comme attendu, les résultats obtenus avec cette comparaison confirment que la directionnalité de la production graphique des dessins est soumise à la fois aux contraintes biomécaniques (Gesell & Ames, 1946 ; Scheirs, 1990, Braswell & Rosengren, 2000, 2009) et aux facteurs culturels (Goodnow et al, 1973 ; Liebllich, Ninio, & Kugelmas, 1975 ; De Agostini & Chokron, 2002). On trouve une forte différence entre les deux groupes culturels dans l'application des principes de départ à gauche et de progression gauche droite. L'application des règles graphiques est également plus importante avec la main droite qu'avec la main gauche. D'un point de vue développemental, le respect des principes de départ en haut et de progression haut-bas se renforce avec l'âge (Goodnow & Lévine, 1973 ; Ninio & Liebllich, 1976, 1976 ; Van Sommers, 1984 ; Vinter, 1994), alors que l'application du principe de départ par une verticale diminue avec l'âge dans les deux groupes. Parallèlement à notre résultat précédent et aux études de Liebllich et al. (1975), et de Goodnow (1977), les enfants syriens de maternelle tracent de gauche à droite avec la main droite, cette tendance diminuant avec l'âge. Lorsque l'enfant entre à l'école et apprend à lire et écrire, il va préférer la direction opposée, conforme au sens de son écriture. Par contre, nous n'avons pas trouvé de changement développemental chez les français dans l'application du principe de départ à gauche et de progression gauche-droite, ces principes étant bien appliqués à tous les âges.

Les règles de production constituent une forte contrainte sur l'organisation du mouvement. Nous avons étudié l'application flexible des règles de progression horizontale et verticale lorsqu'un conflit entre règles apparaît avec le principe de continuité pour la réalisation d'une figure. Conformément à notre attente et aux études déjà réalisées dans la littérature, quand le respect de ces principes de progression s'oppose au principe de continuité, les sujets privilégient le principe de continuité à celui de progression (Simner, 1981 ; Thomassen & Tibosch, 1991 ; Thomassen, Meulenbroek & Hoofs, 1992 ; Vinter, 1994). Nous observons que les principes de progression haut-bas et gauche-droite étaient largement plus respectés dans le dessin de traits simples que des segments du carré, ce qui prouve que le respect des règles de progression est dominé par le principe de continuité, le sujet traçant une fois sur deux dans la direction gauche-droite.

Pour cette raison, la production du segment horizontal seul constitue un indicateur valide pour évaluer les effets culturels et biomécaniques. Le changement avec l'âge dans l'application de la direction gauche-droite chez les syriens est plus marqué dans le dessin de traits simples, où cette direction diminue avec l'âge au point que les adultes montrent une préférence complète pour la direction droite-gauche.

En accord avec Glenn, Bradshaw et Sharp (1995), les effets des contraintes biomécaniques ont été plus remarqués lorsque le sujet copie un segment horizontal isolé que des segments composés. Le sujet tend largement à tracer le trait simple de gauche à droite avec la main droite et de droite à gauche avec la main gauche.

D'un point de vue développemental, nous avons trouvé que la différence entre les deux mains se trouve à tous les âges chez les français dans le cas de dessin d'une seule ligne isolée, au contraire de Braswell et Rosengren (2002). Par ailleurs, la différence entre les deux mains était plus forte chez les enfants que chez les adultes pour les syriens. Par contre, les contraintes biomécaniques se sont manifestées plus fortement chez les adultes français que chez les enfants, en produisant des segments intégrés. On peut interpréter ces divergences par l'application flexible des règles graphiques : puisque les adultes français soulèvent plus leur crayon avec la main droite que la main gauche, ceci entraîne un respect plus fréquent de principe de progression gauche-droite avec la main droite que la main gauche.

Toutefois, considérant globalement le développement des effets manuels, en accord avec Braswell et Rosengren (2002), nous soulignons que les contraintes biomécaniques deviennent plus fortes à l'âge adulte par rapport à l'enfance surtout dans l'échantillon français où les enfants de 4 à 9 ans utilisent souvent les mêmes procédures pour copier les patterns avec leur main dominante qu'avec leur main non dominante.

Dans le deuxième chapitre de ce travail, nous examinons de façon plus approfondie, la directionnalité de production du cercle en fonction de la position de différents points de départ chez l'enfant en utilisant sa main droite et sa main gauche.

Chapitre 2 : La production de cercles chez l'enfant français et syrien.

Introduction

La tâche de dessin de cercles est une tâche directionnelle qui révèle la direction de rotation préférée par le sujet en fonction de la position du point de départ. Cette direction préférée peut être influencée par les habitudes d'écriture et les contraintes biomécaniques liées aux effets de dominance manuelle. Van Sommers (1984) décrit le « Start Rotation Principle » (SRP) qui met en évidence un lien entre le point de départ et le sens de rotation suivi par le sujet. Van Sommers (1984) montre que le principe SRP varie entre les droitiers et les gauchers. Pour les droitiers, lorsque le point de départ se situe après 5 heures jusqu'à 11 heures, le sens de tracé se fait dans le sens horaire. A l'inverse, s'il est situé après 11 heures et avant 5 heures, le sens de rotation est effectué dans le sens anti-horaire. Pour les gauchers, si le point de départ se situe après 5 heures et jusqu'à 1 heure, le sens de rotation sera dans le sens horaire, alors que le sens de rotation anti-horaire se fait lorsque le point de départ est localisé après 1 heure et avant 5 heures.

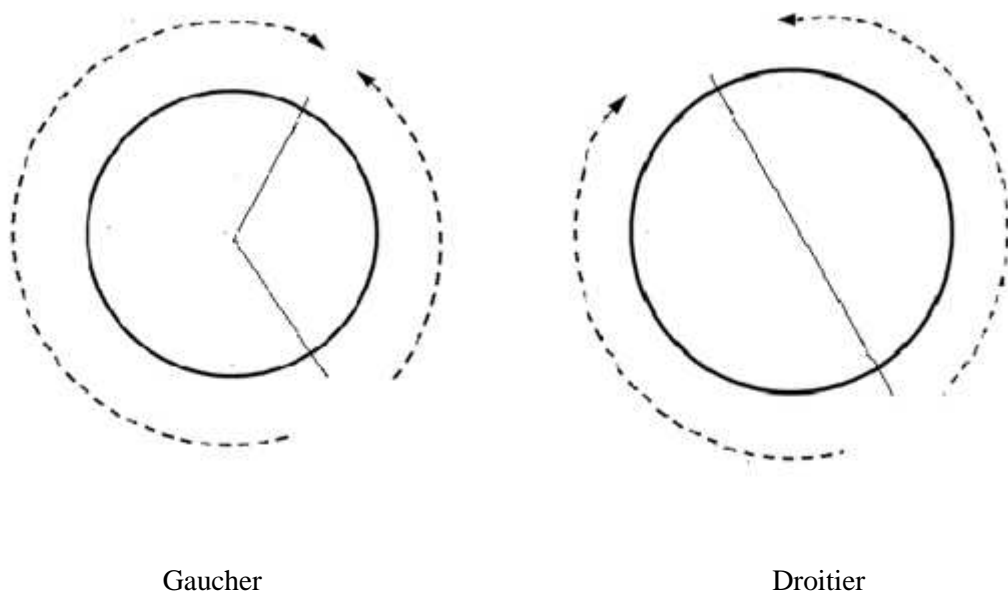


Figure 55 : le Start Rotation Principle pour les droitiers et les gauchers.

Meulenbroek, Vinter, et Mounoud (1993) ont étudié la relation entre le point de départ et le sens de rotation du cercle chez des enfants et adultes droitiers. Les enfants d'âge préscolaire (4 - 5 ans) débutent le dessin du cercle en bas et tracent dans le sens horaire, alors que les enfants à l'âge scolaire commencent en haut et tracent préférentiellement les cercles dans le sens anti-horaire dominant dans l'écriture alphabétique. Ainsi, le respect du SRP est observé très tôt dans le développement selon ces auteurs qui mettent en avant que ce principe permet une optimisation du contrôle visuel sur la précision de fermeture de cercle, le tracé final n'étant pas caché par la main lorsque la bonne combinaison rotation - point de départ est appliquée. Thomassen et Teulings (1979) démontrent qu'en dessinant un cercle, la plupart des adultes emploient des mouvements dans le sens anti-horaire, même lorsqu'on leur demande d'utiliser leur main non-dominante. Cependant, en produisant des cercles rapides, les adultes tendent à faire la rotation dans le sens horaire avec la main droite et dans le sens opposé avec la main gauche. Les résultats de Glenn, Bradshaw, et Sharp (1995) montrent que les enfants de 3 ans droitiers tendent à dessiner le cercle dans le sens horaire au contraire des gauchers qui le tracent dans le sens anti-horaire, alors que les enfants de 5 et 10 ans, droitiers et gauchers, tracent le cercle dans le sens anti-horaire.

Conduisant des études interculturelles, Amenomori et al. (1997) rapportent que les japonais produisent davantage les cercles dans le sens horaire avec l'âge. Par contre, les japonais vivant aux Etats-Unis montrent une tendance moins marquée pour dessiner des cercles dans le sens horaire. Goodnow et al. (1973) ont constaté que les enfants des États-Unis tendent à tracer des cercles dans un sens anti-horaire alors que les Israéliens dessinent dans un sens horaire. De même, Fagard et Dahmen (2003) ont comparé des enfants français et tunisiens, âgés de 5, 7 et 9 ans, lorsqu'ils dessinent des cercles avec différents points de départs en utilisant les deux mains. Ces auteurs ont trouvé que la rotation dans le sens anti-horaire se renforce avec l'âge chez les français, à l'inverse des tunisiens qui tendent à tracer de plus en plus dans le sens horaire avec l'âge. Elles rapportent également une tendance à utiliser un sens horaire plus souvent à 6h qu'à 12h dans les deux groupes. Par contre, aux positions 5h et 11h, les tunisiens utilisaient un sens horaire plus souvent que les français. Cette différence entre les groupes devient significative à 7 ans, les français utilisant de plus en plus une direction antihoraire.

La recherche que nous avons conduite a impliqué 2 groupes d'enfants expérimentaux, différant au niveau de la culture (Français et Syriens). Comparativement à Fagard et Dahmen (2003), la population syrienne est moins influencée par la culture occidentale que la population tunisienne. Par ailleurs, nous avons élargi la gamme d'âges étudiés et le nombre de point de départ pour tracer le cercle, ce qui nous permet d'évaluer l'évolution du respect de SRP décrit par Van Sommers (1984) chez des enfants de deux cultures différentes de façon plus approfondie.

Dans notre étude, nous avons comparé le sens de rotation exécuté par les enfants français et syriens, âgés de 4, 6, 8, et 10 ans, lorsqu'ils tracent des cercles à partir de six différents points de départ en utilisant la main droite et la main gauche. Conformément aux études connues dans la littérature, on s'attend à ce que le choix de rotation dans un sens dépende de la position du point de départ. Ensuite, nous pensons trouver un sens de rotation différent en fonction du groupe culturel, une rotation dans le sens anti-horaire pour les français et une rotation horaire pour les syriens. Enfin, on s'attend à ce que la rotation anti-horaire augmente avec l'âge chez les français

Méthode

Sujets :

Cette étude a été conduite auprès de 39 enfants français et 40 enfants syriens, âgés de 4 à 10 ans, de sexe masculin et féminin, tous droitiers. La latéralité a été testée en notant l'usage de 3 objets (crayon, marteau, ciseaux). Les enfants ont été répartis selon leur culture en deux groupes expérimentaux, comprenant quatre groupes d'âge chacun. Le premier groupe compte 39 enfants tous de langue maternelle française et vivant en France. Le deuxième groupe comprend 40 enfants de culture arabe, tous de langue maternelle arabe et vivant en Syrie.

Les enfants français étaient scolarisés en moyenne section de maternelle, CP, CE2, et CM2. Les enfants syriens étaient scolarisés en 2^{ème} classe de maternelle, 1^{ère} classe de l'école primaire, 3^{ème}, et 5^{ème}. Le tableau 7 présente le nombre et l'âge moyen des sujets dans chacun des groupes.

Tableau 7 : Nombre de sujets et âge moyen pour chaque groupe expérimental

	Groupe des français		Groupes des syriens	
	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart-type)	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart-type)
4 ans	10 (5)	4,5 (2,76)	10 (5)	4,6 (2,65)
6 ans	9 (4)	6,6 (3,00)	10 (5)	6,4 (3,21)
8 ans	10 (5)	8,4 (2,82)	10 (5)	8,4 (2,90)
10 ans	10 (5)	10.6 (4.26)	10 (5)	10.7 (2,75)
Total	39		40	

Matériel :

Le matériel qui a été remis à l'enfant était constitué d'une feuille de format A5, sur laquelle se trouvent 12 cercles dessinés en pointillés. Chacun contient un petit trait indiquant le point de départ de traçage. Les points de départ variaient et correspondaient, en comparant le cercle à un cadran d'horloge, à 5h, 6h, 7h, 11h, 12h, et 1 heure. L'enfant devait tracer 6 cercles avec 6 points de départ différents avec chaque main. (Voir l'Annexe 5).

Procédure :

L'enfant était assis devant la table et la feuille de protocole était installée de manière à ce que sa position soit centrée avec l'axe du corps de l'enfant. L'expérimentateur expliquait la tâche à l'enfant en lui donnant la consigne suivante : « *tu vas tracer par dessus chaque cercle en pointillés en commençant par ce petit trait. Tu ne dois pas tourner le livret, et tu vas commencer maintenant à tracer 6 cercles avec la main droite (gauche)* ». L'ordre des points de départ était aléatoire. Ensuite,

nous informions l'enfant qu'il doit tracer la deuxième moitié avec l'autre main. L'expérimentateur notait le sens de rotation lors du tracé de chaque cercle.

Codage des données :

Quand le cercle est tracé dans le sens horaire, on note 1, et 0 s'il est tracé dans le sens anti-horaire. Des ANOVAS ont été effectuées avec l'Age (4, 6, 8, et 10 ans) et la Culture (Français, Syriens) comme facteurs intergroupes, la Main (droite, gauche) et la position du point de départ (5h, 6h, 7h, 11h, 12h, et 1h) comme facteurs intragroupes.

Résultats

L'ANOVA révèle un effet significatif de la Position, $F(5,355) = 12.87, p < .001$, et de l'interaction Position x Main, $F(5,553) = 14.10, p < .001$. On ne note aucun effet simple de la Main ($F < 1$). La Figure 56 rapporte le pourcentage moyen de rotation dans le sens horaire en fonction de la main et du point de départ chez les enfants français (à gauche) et chez les enfants syriens (à droite).

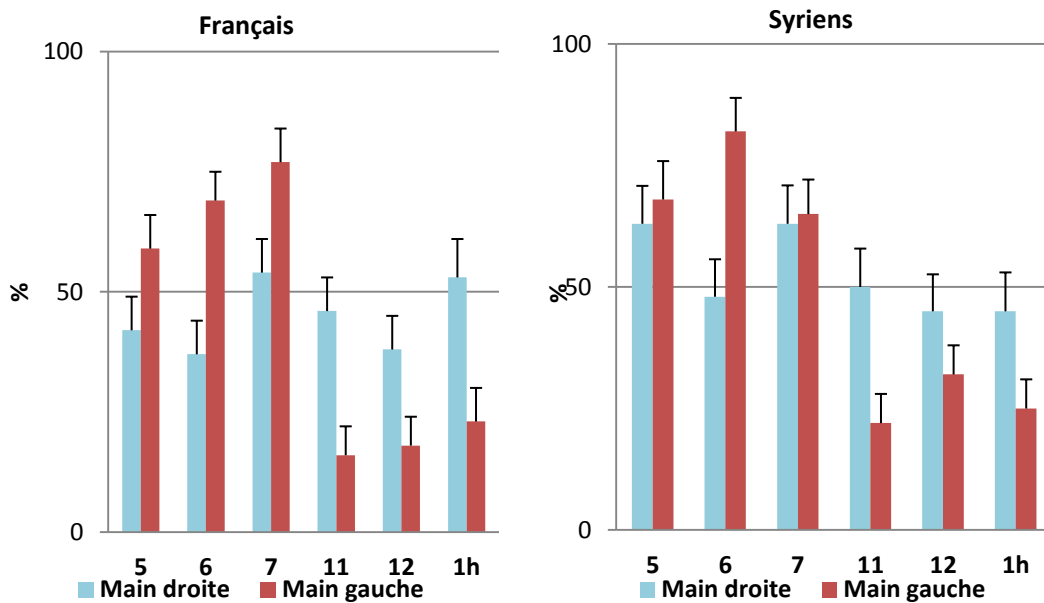


Figure 56 : Pourcentages moyens de rotation dans le sens horaire en fonction de la main et de la position du point de départ chez les syriens et les français.

Globalement, le tracé dans le sens horaire est plus fréquent lorsque la position de départ est située en bas du cercle (entre 5 et 7h) qu'en haut (entre 11 et 1 heure). Un test post-hoc (test de Scheffé) sur le facteur Position montre en effet que les positions 5h, 6h, et 7h sont toutes significativement différentes des positions 11h, 12h, et 1h pour ce qui concerne la fréquence de rotation horaire ($< .01$). Toutefois, cette différence devient plus marquée lorsque le sujet utilise sa main gauche que droite. En utilisant la main droite, le sens de rotation anti-horaire apparaît net pour les positions 6 et 11 heures. La différence de fonctionnement entre les deux mains est plus importante pour les cercles débutant par les positions 6 et 11 heures. Si on analyse séparément les données de chaque main, on trouve que l'effet de la Position se montre significatif pour la main gauche, $F(5,355) = 22.37, p < .001$, mais pas pour la main droite ($p = .23$).

L'interaction entre Age et Culture se révèle significative, $F(3,71) = 2.39, p < .05$. Cependant, aucun effet de Culture ($p = .12$), ni d'Age ($p = .93$) n'apparaît. Globalement, les enfants français tracent de moins en moins dans le sens horaire avec l'âge, tandis que l'évolution inverse est observée chez les enfants syriens. Si on analyse séparément les données de chaque main utilisée, on trouve que l'interaction Age x Culture est significative pour ce qui concerne les dessins de cercles effectués par la main droite, $F(5,355) = 22.37, p < .001$, alors qu'elle n'est pas significative pour ce qui concerne la main gauche ($p = .23$). La Figure 57 illustre les données.

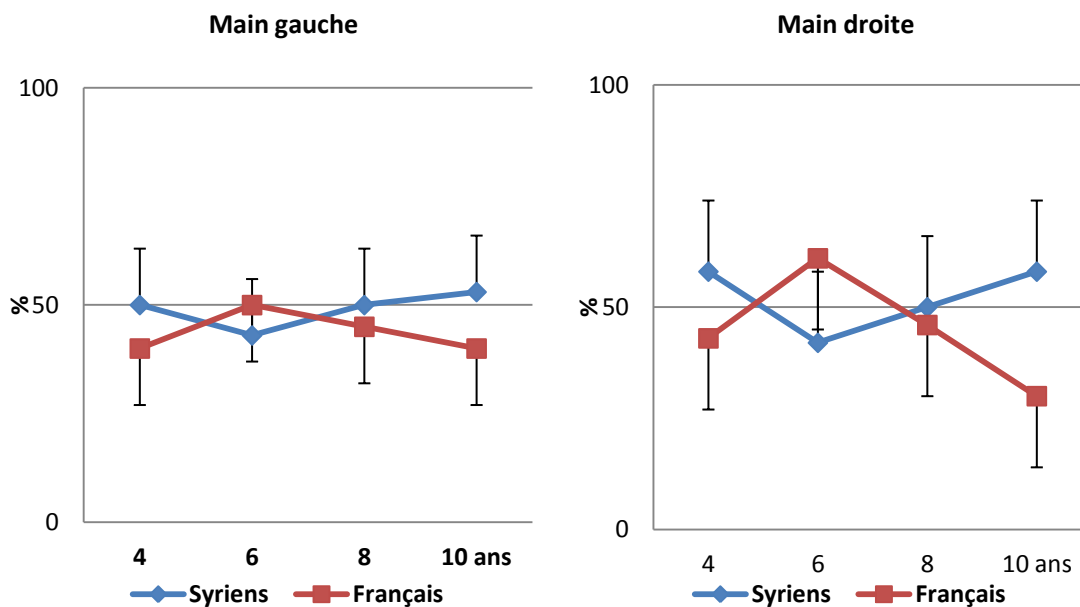


Figure 57 : Pourcentages moyens de rotation dans le sens horaire en fonction de l'âge et de la culture pour chaque main utilisée.

Cette Figure 57 suggère un développement en U pour les enfants syriens, et en U inversé pour les enfants français, pour ce qui concerne la rotation dans le sens horaire avec la main droite.

L'ANOVA indique un effet statistiquement significatif du facteur Position du point de départ du cercle. Nous avons donc cherché à regarder plus précisément le sens de rotation pour chaque point de départ. Nous avons réalisé une ANOVA pour chaque point de départ isolément, avec la Culture et l'Age comme facteurs intergroupes, et la Main comme facteur intragroupe.

Concernant le point de départ à 5 heures, l'ANOVA révèle un effet tendanciellement significatif de la Culture, $F(1,71) = 2.84$, $p = .09$. Les syriens tracent le cercle dans le sens horaire (65%), pendant que les français ne montrent aucune rotation préférée. (50%). Ceci étant, comme le révèle la Figure 58, les français tendent à utiliser le sens horaire avec la main gauche et le sens anti-horaire avec la main droite, de sorte qu'ils se différencient plus des syriens avec leur main droite qu'avec leur main gauche.

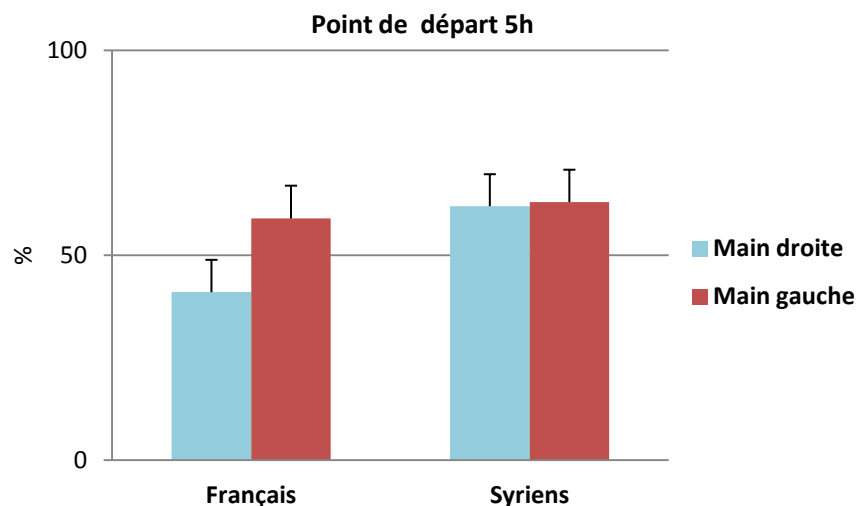


Figure 58 : Pourcentages moyens de rotation dans le sens horaire au point de départ 5 heures en fonction de la main et de la Culture.

Pour ce qui concerne le départ par le point localisé à 6 heures, l'effet de Main se montre significatif, $F(1,71) = 22.37$, $p < .001$, et l'interaction Main x Age est marginale, $F(3,71) = 2.58$, $p = .08$. La Figure 95 rapporte l'évolution de rotation dans le sens horaire avec l'âge en fonction de la main chez les enfants français (à gauche) et chez les enfants syriens (à droite).

Point de départ 6 heures

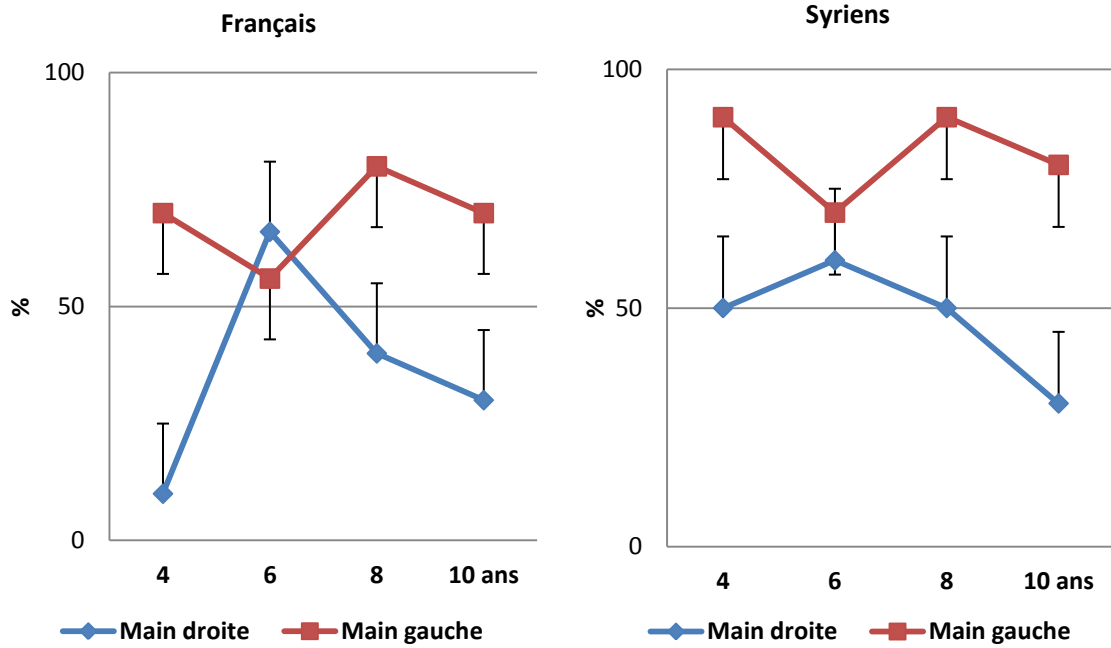


Figure 95 : Pourcentages moyens de rotation horaire au point de départ 6 heures en fonction de l'âge et de la main chez les Français et les Syriens.

Les deux groupes tracent le cercle dans le sens horaire avec la main gauche (76 %) plus qu'avec la main droite (40 %), sauf à 6 ans où les deux mains se comportent de la même façon, comme l'atteste l'interaction significative. La différence entre les deux cultures est plus importante en utilisant la main droite, surtout à l'âge de 4 ans où les français dessinent plus les cercles dans le sens anti-horaire que les syriens. Aucun autre effet n'est significatif.

Pour ce qui concerne le point de départ à 7 heures, l'effet de la Main est significatif, $F(1,71) = 4.29, p < .05$, l'interaction Age x Culture, x Main est marginale, $F(3,71) = 2.52, p = .08$. Par contre, les effets de la Culture ($F < 1$), et de l'Age ($F < 1$) ne sont pas significatifs. Les données sont illustrées dans la Figure 60.

Point de départ 7 heures

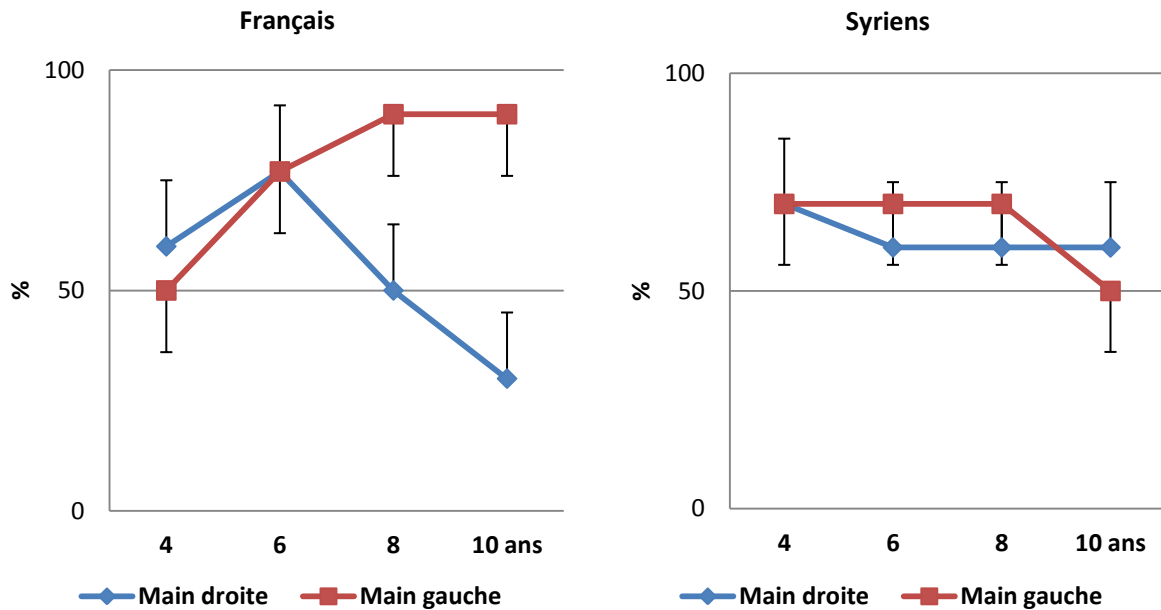


Figure 60 : Pourcentages moyens de rotation horaire au point de départ 7 heures, en fonction de l'âge et de la main chez les Français et les Syriens.

Globalement, le sens de rotation horaire est plus appliqué avec la main gauche (71 %) qu'avec la main droite (58 %). Si on analyse séparément les données des français, on trouve que l'effet de Main, $F(3,35) = 7.10$, $p < .01$, et l'interaction Age x Main $F(3,35) = 3.78$, $p < .01$, se montrent significatifs. La différence entre les deux mains est très marquée chez les français de 8 et 10 ans. Le sens de rotation horaire augmente avec l'âge chez les français lorsqu'ils utilisent la main gauche, alors qu'il diminue avec la main droite. Aucun effet n'est significatif chez les syriens.

Pour ce qui concerne le point de départ à 11 heures, l'effet de Main, $F(1,71) = 22.52$, $p < .001$, et l'interaction Age x Culture sont significatifs, $F(3,71) = 2.52$, $p < .01$. Aucun effet de Culture ($F < 1$), et d'Age ($F < 1$) n'est significatif. La Figure 61 rapporte les pourcentages de rotation horaire en fonction de l'âge et de la main dans les deux cultures.

Point de départ 11 heures

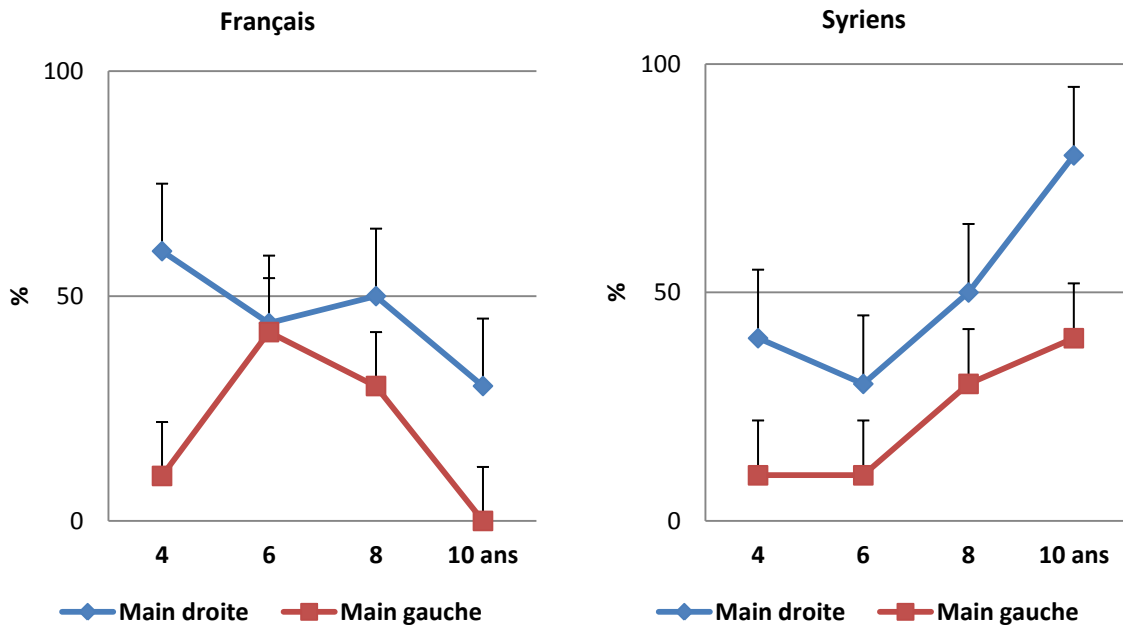


Figure 61 : Pourcentages moyens de rotation au point de départ 11 heures en fonction de l'âge et de la main chez les Français et les Syriens.

On peut dire globalement que les deux groupes tracent plus souvent le cercle dans le sens horaire avec la main droite (48 %) qu'avec la main gauche (19 %). L'adoption du sens horaire augmente avec l'âge chez les syriens pour les deux mains, alors qu'il tend à diminuer avec l'âge chez les français. On notera que les jeunes enfants de 4 ans se comportent de façon identique avec leur main gauche, qu'ils soient français ou syriens.

Considérant le point de départ à 12 heures, l'effet de la Main est significatif, $F(1,71) = 6.21, p < .01$, de même que l'interaction Age x Culture, $F(3,71) = 3.59, p < .01$, mais l'effet d'Age ($F < 1$) et de Culture ($p = .20$) ne sont pas significatifs. La Figure 62 rapporte l'évolution de rotation horaire avec l'âge à 12h en fonction de la main chez les syriens et les français.

Point de départ 12 heures

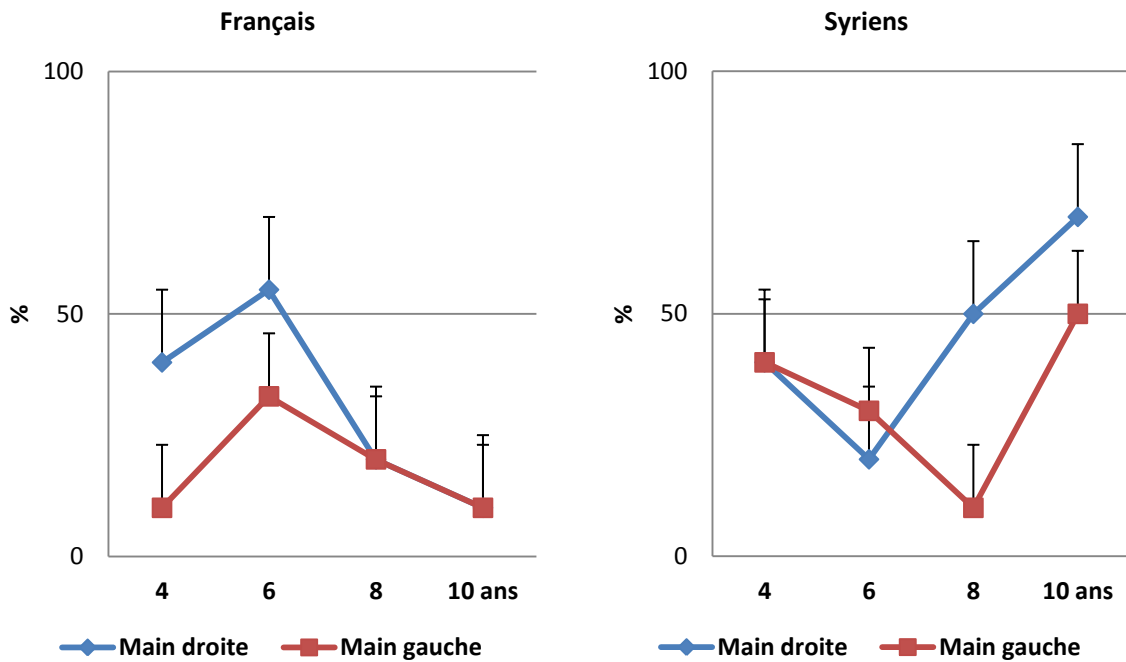


Figure 62: Pourcentages moyens de rotation horaire à 12 heures en fonction de l'âge et de la main chez les Français et les Syriens.

La rotation se fait dans le sens horaire plus souvent avec la main droite (42 %) qu'avec la main gauche (25%). Ces pourcentages indiquent que les sujets ne préfèrent pas la rotation horaire lorsqu'ils démarrent par le point situé à 12h quelle que soit la main utilisée. On signalera également que la rotation dans le sens horaire augmente avec l'âge chez les syriens, tandis qu'elle diminue chez les français. Mais comme le montre la figure 62, un développement plus complexe semble apparaître, avec des évolutions en U chez les syriens et en U inversé chez les français.

Finissons avec la position à 1 heure. L'ANOVA révèle que l'effet Main est significatif, $F(1,71) = 22.37, p < .001$. Comme l'indique la Figure 63, les deux groupes tracent dans le sens horaire plus souvent avec la main droite (49%), qu'avec la main gauche (24%). Toutefois, la tendance à tracer dans le sens horaire à la position 1 heure est faible.

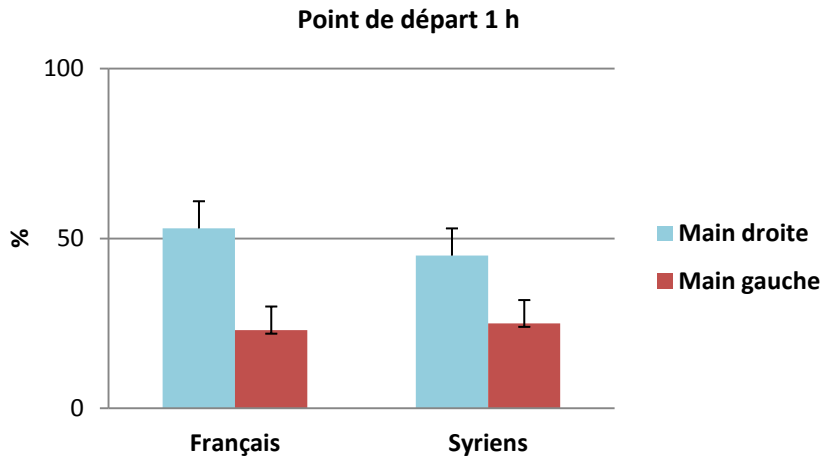


Figure 63 : Pourcentages moyens de rotation horaire au point de départ 1 heure en fonction de l'âge et de la main chez les Français et les Syriens.

Discussion

Dans la présente recherche, nous avons étudié le sens de rotation utilisé pour dessiner des cercles en les débutant par différents points de départ chez des enfants et des adultes de culture arabe ou française. Nous avons examiné l'influence des facteurs âge, culture, main, en fonction de ce point de départ.

Les résultats montrent que l'âge (corrélé avec l'apprentissage de l'écriture) influence la direction des dessins de cercles. Les jeunes enfants ont tendance à tracer un cercle dans le sens horaire, alors que les plus âgés le tracent dans le sens anti-horaire (Gesell & Ames, 1946 ; Lurçat, 1974 ; Van Sommers, 1984 ; Meulenbroek, Vinter, & Mounoud, 1993 ; Glenn, Bradshaw, & Sharp, 1995 ; Braswell & Rosengren, 2000). Cet effet apparaît clairement dans la population de culture occidentale comme Goodnow et al. (1973), Amenomori et al. (1997), Fagard et Dahmen (2003) l'ont rapporté dans leurs études. Le facteur éducatif joue certainement un rôle très important dans l'utilisation de ce principe de rotation anti-horaire. En effet, les lettres dans l'écriture alphabétique nécessitent d'effectuer un mouvement circulaire dans le sens anti-horaire (« a », « e », « o », « l », « d », « g », « q »). En revanche, l'écriture arabe ne contient qu'une seule lettre nécessitant d'effectuer un mouvement circulaire « ة » et elle s'écrit souvent liée avec la lettre précédente « ةـ ». L'absence de lettres circulaires dans la langue arabe peut indiquer pourquoi les syriens ne montrent aucune évolution avec l'âge dans la directionnalité circulaire, comme Fagard et Dahmen (2003) l'ont trouvé chez les sujets tunisiens.

Le sens de rotation est déterminé par le choix de point de départ, conformément à l'étude de Meulenbroek, Vinter et Mounoud (1993). Lorsque le dessin du cercle est débuté en haut, l'enfant trace davantage dans le sens anti-horaire. A l'inverse, il trace préférentiellement les cercles dans le sens horaire si la position de départ se situe en bas. Ces résultats sont contraires à ceux rapportés par Fagard et Dahmen (2002), qui ont relevé une tendance à tracer le cercle dans le sens horaire plus souvent pour le point situé à 6h qu'à 12h chez les français et les tunisiens.

Les contraintes biomécaniques influencent également la directionnalité circulaire. Nous avons trouvé que la rotation dans le sens horaire est plus fréquente avec la main gauche lors de la rotation débutant en bas du cercle, tandis qu'elle est plus importante avec la main droite lors de positions de départ situées en haut du cercle. Ces résultats divergent quelque peu de ceux de Van Sommers (1984), et Glenn et al. (1995), trouvant que les gauchers préfèrent la rotation horaire, pendant que les droitiers tendent à tracer dans le sens anti-horaire. Toutefois, la tendance à tracer dans le sens horaire n'est pas souvent observée avec la main droite. Par ailleurs, le fonctionnement de la main droite est moins influencé par la position de départ du cercle que celui de la main gauche. De ce fait, les deux groupes appliquent le principe de SRP décrit par Van Sommers (1984) avec la main gauche plus qu'avec la main droite lors de traçage en bas de cercle (6 et 7 heures), alors qu'ils respectent plus ce principe avec la main droite plus qu'avec la main gauche lors de la position 12 heures et ils tracent dans le sens horaire.

L'ensemble de nos résultats signifie que le sens de rotation de cercles suivi par le sujet dépend de la position de départ et varie selon la main utilisée et les habitudes d'écriture. Globalement, le fonctionnement de la main droite semble plus influencé par l'apprentissage de l'écriture, alors que celui de la main gauche semble plus influencé par les contraintes exécutives à la base du SRP.

Dans le chapitre suivant, nous allons nous intéresser à l'impacte de la culture et des contraintes biomécaniques sur les tendances directionnelles dans la perception de l'espace chez l'enfant et l'adulte, c'est-à-dire à l'asymétrie directionnelle dans une tâche visuo-spatial.

Chapitre 3 : La bissection de lignes chez l'enfant et l'adulte

Introduction

Les tâches directionnelles permettent l'évaluation du phénomène de *pseudo-négligence* (Bowers & Heilman, 1980), principalement étudié dans les tâches de bissection des lignes (Bradshaw et al, 1983, 1985). **La bissection d'une ligne** est une tâche visuo-motrice qui dépend de la direction dans laquelle le sujet dispense son attention pour arriver au point d'estimation du milieu de la ligne. La présence d'un biais à gauche ou à droite du milieu objectif serait déterminée par la direction de l'exploration interne de la ligne. Ce phénomène est influencé dans son intensité et dans sa latéralisation aussi par certains facteurs tels que l'âge, le sexe, la main active, la latéralité manuelle et la stratégie d'exploration visuelle (*habitudes de lecture*). Notre intérêt dans cette étude porte à nouveau sur les effets de culture et de contraintes biomécaniques en interaction avec l'âge.

- *Bissection et Préférence manuelle des sujets :*

Les études de Bowers et Heilman (1980) ont mis en évidence l'effet de la position spatiale de la baguette à bissecter : la bissection est plus correcte quand elle est effectuée dans l'hémi-espace gauche par les deux mains. De plus, les auteurs montrent une interaction entre la main utilisée et la position spatiale de la baguette à bissecter. Quand la bissection est effectuée dans l'hémi-espace gauche, elle est plus juste et la tâche est mieux réussie par la main gauche que par la main droite. Cette interaction montre que les effets de latéralité sont dûs à deux facteurs : en premier lieu, les mécanismes impliqués dans la perception et l'exécution d'activation dans l'hémi-espace controlatéral ; en second lieu, les connexions anatomiques entre chaque hémisphère et les chaînes sensori-motrices controlatérales. De plus, lorsque la baguette est située en face des sujets ou dans leur hémi-espace droit, ils tendent à déplacer le milieu subjectif vers la gauche, indépendamment de la main utilisée, la main gauche s'avérant tout de même plus précise que la droite.

L'étude de Jewell et McCourt (2000) suggère que les droitiers pourraient effectuer une bissection plus à gauche que ne le font les gauchers. Cependant, l'étude de Scarisbrick et al (1987) montre que, quelle que soit la latéralité du sujet (*gaucher ou droitier*), celui-ci indique plus souvent le centre de la ligne à gauche du milieu objectif réel lorsque la bissection est effectuée à l'aide de la main gauche plutôt qu'avec la main droite.

En revanche, Sampaio et Chokron (1992) ont observé une déviation à gauche plus importante chez les gauchers que chez les droitiers. Schenkenberg et al. (1980) considèrent que les droitiers effectuent une bissection plus à droite lorsqu'ils utilisent leur main droite, et à gauche lorsqu'ils bissectent avec leur main gauche. Enfin les résultats de Fagard et Dahmen (2003) sur des enfants français et tunisiens droitiers montrent que ceux-ci indiquent plus souvent le centre de la ligne à gauche du milieu objectif réel quand ils utilisent la main gauche plutôt que la droite. Comme on peut le constater, quelques divergences apparaissent dans cette littérature.

- *Bissection et Direction de l'exploration visuelle :*

L'acquisition de la langue affecte l'habitude de la lecture et de l'écriture et influence la perception aussi bien que les activités motrices. Différentes études (Elkind & Weiss, 1967 ; Kugelmass & Lieblich, 1979 ; Kugelmass et al, 1972 ; Nachson et al, 1977) ont montré que la directionnalité de l'écriture et de la lecture a une influence sur l'exploration perceptive chez des sujets anglais, hébreux et arabes. Ces auteurs ont trouvé que les anglais montrent une préférence de l'exploration visuelle gauche-droite, les arabes préférant l'exploration visuelle droite-gauche alors que pour les hébreux, il n'y a pas de préférence.

Beaucoup de travaux soulignent l'influence des habitudes de lecture (de gauche à droite pour les langues occidentales, inverse pour la langue hébreu) sur les performances de tâches non liées au langage (Chokron & De Agostini, 1995). Chokron et Imbert (1993) et Chokron et De Agostini (1995) ont mené une recherche étudiant l'effet des habitudes de lecture sur les performances de bissection de lignes. Elles trouvent que les adultes français et israéliens présentent des patterns de déviation opposés. En effet, les français bissectent la ligne de manière significative à gauche du milieu objectif, alors que les israéliens placent leur milieu subjectif à droite. Zivotofsky (2004) a testé les tâches de bissection, de trisection, et de quadrisection de lignes chez des adultes anglais et hébreux, droitiers et gauchers. Les résultats globaux montrent une corrélation entre la direction de lecture de la langue de sujet et le côté vers lequel le sujet tend à diviser la ligne en trois ou en quatre sections.

- *Bissection et Âge des sujets :*

Plusieurs études confirment l'hypothèse d'une maturation incomplète des fibres calleuses avant l'âge de dix ans. A cet âge, les connexions anatomiques entre l'hémisphère et la main ne sont pas encore complètement établies. La déviation ipsilatérale à la main utilisée chez l'enfant serait liée à un défaut de maturation calleuse (Hatta & Yamamoto, 1986 ; Galin et al., 1977, 1979 ; Salamy, 1978 ; O'Leary, 1980 ; Quinn & Greffen, 1986).

Dans la condition où le milieu objectif de la ligne correspond au milieu sagittal de l'enfant, quelle que soit sa préférence manuelle, l'enfant d'âge préscolaire dévie à droite du milieu objectif lorsqu'il coupe les lignes avec la main droite, et à gauche lorsqu'il utilise la main gauche (Bradshaw et al., 1987, 1988 ; Roeltgen 1989 ; Sampio, Gouarir, & Mvondo, 1995). Bradshaw et al. (1987). Chokron et De Agostini (1995) montrent par contre que les enfants âgés de plus de 5 ans et les adultes montrent un biais à gauche avec les deux mains, ce biais apparaissant plus fréquemment avec la main gauche qu'avec la main droite.

De Agostini et al. (1999) ont comparé les résultats des enfants d'âge préscolaire, des adultes et des personnes âgées droitiers, lorsqu'ils bissectent avec la main gauche et la main droite. Ils ont trouvé que la déviation s'opérait à gauche du milieu objectif, quelle que soit la main utilisée pour tous les groupes d'âges et quel que soit le sexe. Chez les enfants, la main gauche est plus précise que la main droite. Cependant, ils observent le pattern opposé chez les personnes âgées. Chez les adultes jeunes, ils ne constatent pas de différence entre les deux mains. De Agostini (1999) interprète ces performances en termes d'asymétrie hémisphérique. Chez les jeunes enfants, la précision de la main gauche refléterait l'activation de l'hémisphère droit en raison de la nature spatiale de la tâche. A l'âge adulte, cette asymétrie disparaîtrait, puis réapparaîtrait sous forme d'un privilège de la main droite et de l'hémisphère gauche chez les personnes âgées. Avec l'âge, la supériorité de la main droite augmenterait chez les droitiers, alors que la main gauche deviendrait plus maladroite.

Conduisant des études interculturelles, Chokron et De Agostini (1995) ont comparé les performances de sujets français et israéliens, à l'âge préscolaire, scolaire et adulte dans une tâche de bissection des lignes. Elles ont trouvé que le sens de déviation à gauche ou à droite semble être affecté par l'âge du sujet, quelle que soit son habitude de lecture. Les enfants préscolaires français et israéliens dévient à droite du milieu objectif, ce résultat prouvant l'influence d'une immaturité calleuse. Néanmoins, le biais à droite apparaît plus fréquemment chez les enfants plus jeunes israéliens que français : les enfants d'âge préscolaire pourraient donc déjà être influencés par les habitudes directionnelles dans l'environnement dans lequel ils grandissent. Concernant les enfants écoliers (*âge de 8 ans*), les israéliens ont tendance à bissecter vers la droite, à l'inverse des français pour qui la

déviations s'opèrent vers la gauche. Selon les auteurs, les enfants de 8 ans seraient sous influence prédominante des directionnalités induites par la lecture et l'écriture de leur langue, alors que les hébreux d'âge adulte sont davantage confrontés à des habitudes de lecture et d'écriture occidentale. C'est pourquoi la différence entre les français et les hébreux est plus apparente chez les enfants de 8 ans que chez les adultes.

Dans le même esprit, Fagard et Dahmen (2003) ont comparé des enfants français et tunisiens âgés de 5, 7 et 9 ans. Lorsqu'ils bissectent les lignes, les deux groupes dévient plus vers la gauche lorsqu'ils coupent la ligne avec la main gauche qu'avec la main droite. Avec l'âge, les Tunisiens présentent moins de déviations vers la gauche, quelle que soit la main utilisée, alors que les Français dévient plus vers la gauche lorsqu'ils utilisent leur main droite. Fujii et al. (1995) ont montré que les sujets japonais âgés ont plus tendance à bissecter vers la droite que les sujets plus jeunes, performances qu'ils ont interprétées comme signalant un déclin asymétrique des fonctions de chaque hémisphère avec l'âge.

- *Bissection et autres Facteurs :*

D'autres facteurs liés à la personne ou à la tâche ont été quelquefois manipulés dans ces études sur la bissection de lignes.

- L'effet du Sexe

Dans les études de Bradshaw et al. (1985), Chokron et Imbert (1993) et Scarisbrick et al. (1987), le sexe n'a pas d'effet évident. La déviation gauche était cependant discrètement plus importante chez les femmes. Toutefois, Jewell et McCourt (2000) suggèrent que les hommes effectuent une bissection légèrement plus à gauche que les femmes.

- La Longueur de la ligne à couper

L'étude de Rousseaux et al. (2001), réalisée sur des adultes français, ne révèle aucune différence franche dans les déviations relativement à la longueur de la ligne. D'autres travaux ont cependant suggéré une augmentation plus importante de cette déviation avec la longueur (Luh, 1995 ; Halligan et al., 1991b ; Manning et al., 1990).

Notre étude :

Nous devons d'abord rappeler que dans la littérature, le biais directionnel à gauche dans la tâche de bissection de lignes chez les sujets « normaux » a été lié à une suractivation de l'hémisphère droit relative à la nature spatiale de la tâche (Kinsbourne, 1972-1973 ; Bradshaw et coll., 1985, 1987 ; Scarisbrick, Tweedy, & Kuslansky, 1987). Cependant, des études récentes ont jeté des doutes sur la capacité de l'hypothèse d'activation hémisphérique à expliquer les biais observés dans la bissection de lignes (Jewell & McCourt, 2000). Constatant que les études mentionnées ci-dessus ont mis en évidence un effet de l'exploration visuelle sur la performance de bissection, le but de l'expérience proposée ici est d'étudier l'effet des habitudes de lecture et du facteur biomécanique, au cours du développement, dans la tâche de bissection de lignes. Pour cela, nous avons distingué 2 groupes expérimentaux, enfants et adultes, différant en fonction de la culture occidentale (Français) et Moyen-Orient (Syriens).

Comparativement à Fagard et Dahman (2003), nous avons choisi une population du Moyen-Orient, moins influencée par la culture occidentale que ne l'est la population tunisienne. Par ailleurs, nous avons élargi la gamme d'âges étudiés. Enfin, nous avons introduit la variable de la longueur des lignes. Nous nous attendons à ce que le facteur culturel interagisse avec le facteur biomécanique : nous anticipons donc un fonctionnement plus proche entre les Syriens et les Français lorsqu'ils bissectent avec leur main gauche qu'avec leur main droite. Avec la main dominante, nous devrions retrouver les biais déjà signalés dans la littérature. Conformément à Halligan et al. (1991), et aux résultats de Chokron et De Agostini (1995), nous pouvons imaginer que la direction du balayage de la ligne, liée aux habitudes directionnelles, peut influencer l'orientation de l'attention sur la ligne et ainsi, la position de la bissection. Ainsi, comme les Syriens lisent de droite à gauche, ils devraient montrer une tendance à dévier vers la droite, alors que les Français, lisant de gauche à droite, devraient présenter une fréquence des déviations du milieu objectif vers la gauche.

D'après le travail de Fagard et Dahmen (2003), le biais à gauche apparaîtrait plus fréquemment chez les français avec l'évolution de l'âge, et le biais à droite apparaîtrait davantage chez les syriens avec l'âge. Si l'on prend en considération les résultats de Fagard et Dahmem (2003), ainsi que les études de Chokron et De Agostini (1995), nous anticipons le fait que les plus jeunes enfants, d'âge préscolaire, devraient dévier à droite du milieu objectif avec la main droite et à gauche avec la main gauche. Enfin, conformément à certaines études (Luh, 1995 ; Halligan et al., 1991b ; Manning et al., 1990), plus la longueur de la ligne augmente, plus les erreurs d'estimation du milieu objectif de la ligne devraient augmenter.

Méthode

Sujets :

Cette étude a été menée sur 48 adultes et 130 enfants, âgés de 4 à 9 ans, de sexe masculin et féminin, tous droitiers. Les sujets ont été répartis en deux groupes, selon leur culture. Le premier groupe compte 70 enfants et 24 adultes, de culture occidentale, tous de langue maternelle française et vivant en France. Le deuxième groupe comprend 60 enfants et 24 adultes de culture arabe, tous de langue maternelle arabe et vivant en Syrie. Le groupe syrien comprend des personnes qui ont été le moins possible confrontées à des habitudes de lecture et d'écriture occidentale. Les enfants français étaient scolarisés en moyenne section et grande section de maternelle, CP, CE1, CE2, CM1, et CM2. Similairement les syriens étaient scolarisés en moyenne section et grande section de maternelle, de la 1ère classe de l'école primaire jusqu'à la 5ème. Les adultes français étaient des étudiants de l'université de Bourgogne, les adultes syriens étaient des employés (non académiques) de l'Université d'Alep. La latéralité des enfants a été rapidement testée en regardant la main qu'ils utilisent dans l'usage de trois instruments (ciseaux, crayon et marteau). Le Tableau 8 présente le nombre et l'âge moyen des sujets dans chacun des groupes.

Tableau 8 : Nombre de sujets et âge moyen pour chaque groupe expérimental

	Groupe des français		Groupes des syriens	
	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (Ecart-Type)	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (Ecart-Type)
4,6 (3,02)	12 (6)	4,6 (3,02)	10 (5)	4,6 (2,84)
5 ans	12 (6)	5,6 (2,57)	10 (5)	5,4 (2,65)
6 ans	12 (6)	6,5 (3,17)	10 (5)	6,4 (2,98)
7 ans	12 (6)	7,3 (3,28)	10 (5)	7,4 (3,55)
8 ans	10 (5)	8,4 (2,82)	10 (5)	8,5 (2,83)
9 ans	12 (6)	9,4 (2,53)	10 (5)	9,4 (3,06)
adultes	24 (12)	24,2 (15,8)	24 (12)	26,9 (17,50)
Total	94		84	

Matériel :

Le matériel était constitué d'un petit livret de 2 pages blanches. Sur la première page, ont été reportées les informations sur le sujet, tels que son nom, prénom, âge, sexe, profession, nationalité, langue maternelle et latéralité manuelle. Sur la deuxième page, 12 lignes noires horizontales sont dessinées l'une en dessous de l'autre, le centre de chaque ligne correspondant au milieu de la feuille placée à plat, horizontalement devant le sujet. Les lignes avaient toutes 1 mm d'épaisseur, leur longueur était de 6 cm, 10 cm ou 18 cm (*4 lignes de chaque longueur*). La moitié des lignes était destinée à la main droite, l'autre à la main gauche. Les lignes étaient présentées dans un ordre aléatoire. L'Annexe 6 présente un exemplaire.

Procédure :

En ce qui concerne les enfants, en France et en Syrie, l'expérience se déroulait dans un endroit calme de l'école. Pour les adultes français, elle a eu lieu dans une pièce du laboratoire à l'université de Bourgogne. Les adultes syriens ont fait l'expérience à l'université d'Alep, en Syrie. Le sujet était assis à une table sur laquelle était installée la feuille de protocole de manière à ce que le milieu de chaque ligne corresponde au milieu de l'axe sagittal du corps du sujet (cet ajustement était fait à l'insu du sujet). Nous lui expliquions alors la tâche, selon la consigne suivante :

« Je vous demande de couper la ligne que vous avez ici, sur cette feuille, en son milieu, en traçant un petit trait avec le crayon, de façon à la diviser le plus précisément possible en deux parties exactement égales ».

Chaque fois que le sujet positionnait le centre de la ligne, l'expérimentateur cachait les lignes précédentes et les lignes suivantes. Les lignes étaient présentées une par une afin de ne pas influencer le sujet dans son jugement subjectif. Les lignes ont été disposées dans un ordre aléatoire (relativement à leur longueur) et la moitié des sujets commençaient en utilisant la main droite, l'autre moitié en utilisant la main gauche.

Codage des données :

L'erreur d'estimation de bissection de chaque ligne a été mesurée en millimètres par rapport au point central. Les erreurs à droite (si la déviation était à la droite du milieu objectif) étaient notées en valeurs positives, celles à gauche en valeurs négatives. Les résultats ont été analysés en termes de fréquences de déviations à gauche, ainsi qu'en termes de valeur relative de l'erreur de déviation. La valeur relative est le critère le plus souvent retenu dans la littérature. Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture (Français, Syriens) et l'Age (4, 5, 6, 7, 8, 9 ans et adultes) comme facteurs intergroupes, la Main (droite, gauche) et la Longueur des lignes (6 cm, 10 cm et 18 cm) comme facteurs intragroupes.

Résultats

- Analyse en termes de fréquences de déviation :

Quand les résultats sont analysés en termes de fréquence de déviations à gauche, l'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1, 166) = 25.31$, $p < .001$ et de l'interaction Culture x Main, $F(1, 166) = 9.56$, $p < .01$. Par ailleurs, l'effet Main est significatif, $F(1, 166) = 76.55$, $p < .01$. La Figure 64 illustre ces données.

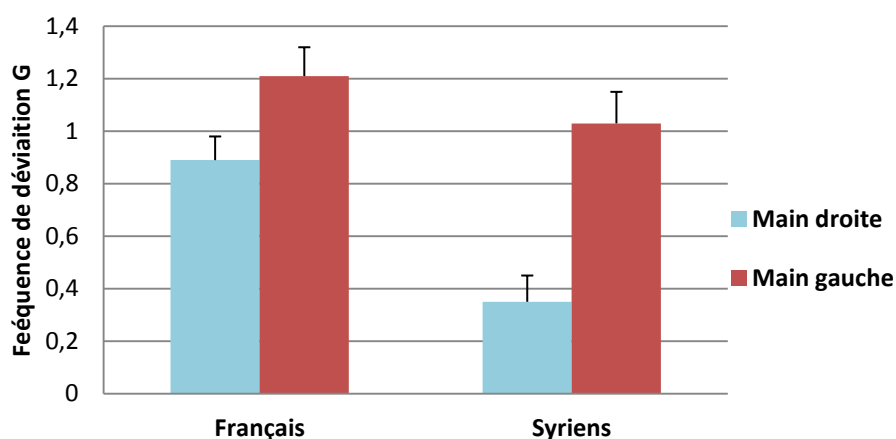


Figure 64 : Nombre moyen de déviations du milieu objectif de la ligne vers la gauche (sur 2) en fonction de la culture des sujets et de la main utilisée.

Les français bissectent globalement plus fréquemment vers la gauche que les syriens. Par ailleurs, le biais vers la gauche est plus important avec la main gauche qu'avec la main droite. Toutefois, les français ont tendance à bissecter vers la gauche avec les deux mains alors que les syriens montrent une déviation vers la gauche plus importante avec la main gauche qu'avec la main droite. Les français et les syriens se différencient donc beaucoup plus par rapport à leur main droite que par rapport à leur main gauche.

On ne note pas d'effet d'Age ($p = .20$). L'effet d'interaction Age x Culture est significatif, $F(6, 166) = 4.02$, $p < .001$. A l'âge de 4 ans, les syriens dévient plus fréquemment vers la gauche que les français. Pourtant, avec l'accroissement de l'âge, les français montrent une polarisation vers la

gauche beaucoup plus prononcée que les syriens. La différence entre les deux groupes devient importante à l'âge d'adulte (test post-hoc de Scheffé, $p < .01$). La Figure 65 illustre ces données.

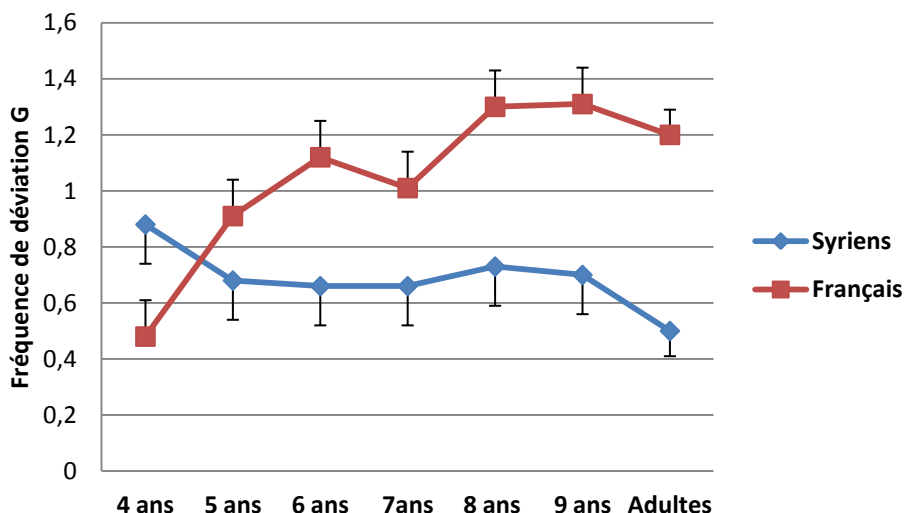


Figure 65 : Nombre moyen de déviations du milieu objectif de la ligne vers la gauche (sur 2) en fonction de l'âge des sujets et de la culture.

En analysant séparément les données des Français, l'effet de l'âge apparaît significatif, $F(6, 89) = 4,72$, $p < .001$. Les enfants français de 4 ans bissectent moins vers la gauche que les autres groupes d'âge, une augmentation globale étant observée entre 4 et 8 ans. Les résultats des enfants de 8 et 9 ans ne se différencient pas de ceux des adultes. Nous ne notons pas d'effet de l'Age chez les syriens ($p = .46$), malgré la baisse observée entre 4 ans et l'âge adulte dans les fréquences de déviations vers la gauche. Nous avons toutefois analysé la différence entre les syriens à l'âge de 4 ans et à l'âge adulte, au moyen d'un contraste qui se révèle significatif, $p < .05$. Les syriens de 4 ans dévient plus fréquemment à gauche que les adultes.

L'interaction Age x Culture x Main n'est pas significative ($F < 1$). La Figure 66 présente le nombre moyen de déviations vers la gauche en fonction de l'âge et de la main chez les Français (à droite) et les Syriens (à gauche).

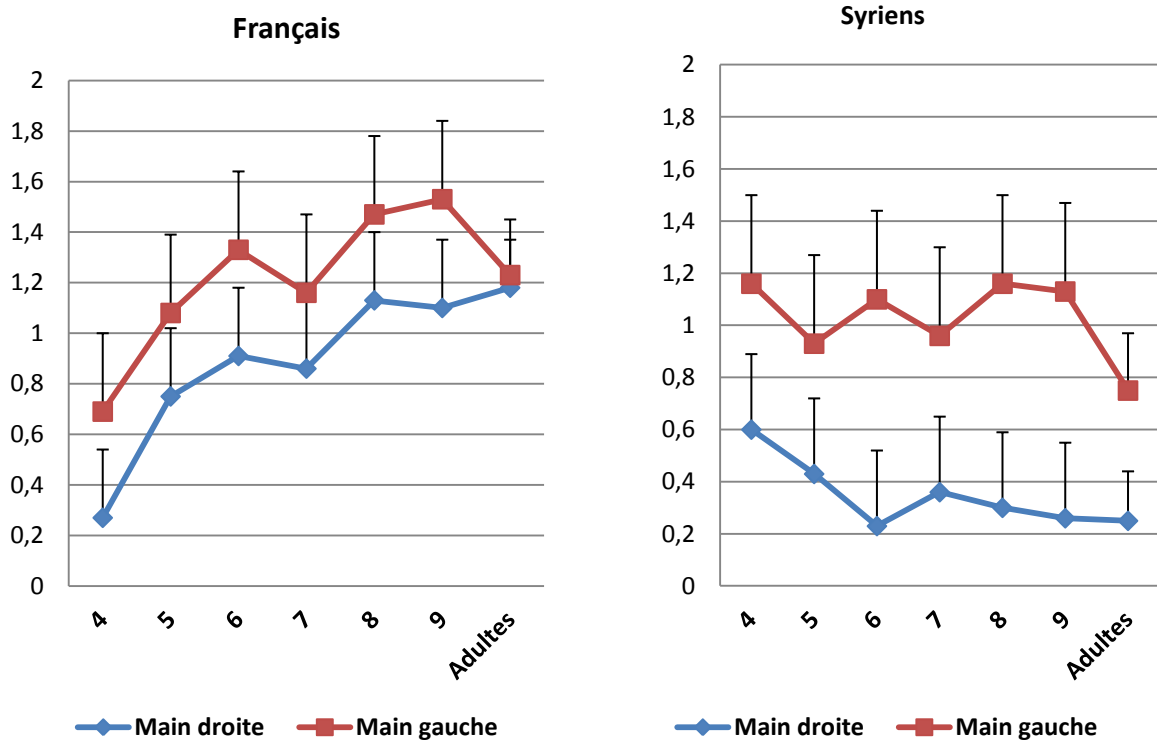


Figure 66 : Nombre moyen de déviations du milieu objectif de la ligne vers la gauche (sur 2) en fonction de la main utilisée par groupe d'âge chez les Français et les Syriens

Cette figure montre très clairement que l'évolution avec l'âge de la fréquence de déviations à gauche est très similaire pour les deux mains dans les deux cultures étudiées : augmentation des déviations vers la gauche pour les français avec l'âge, décroissance entre 4 ans et l'âge adulte et stabilité relative entre 6 et 9 ans pour les syriens.

Enfin, l'effet Longueur de la ligne est significatif, $F(2,332) = 4.67, p < .01$. Comme le montre la Figure 67, plus la longueur des lignes augmente, plus le nombre de déviations vers la gauche augmente dans les deux groupes.

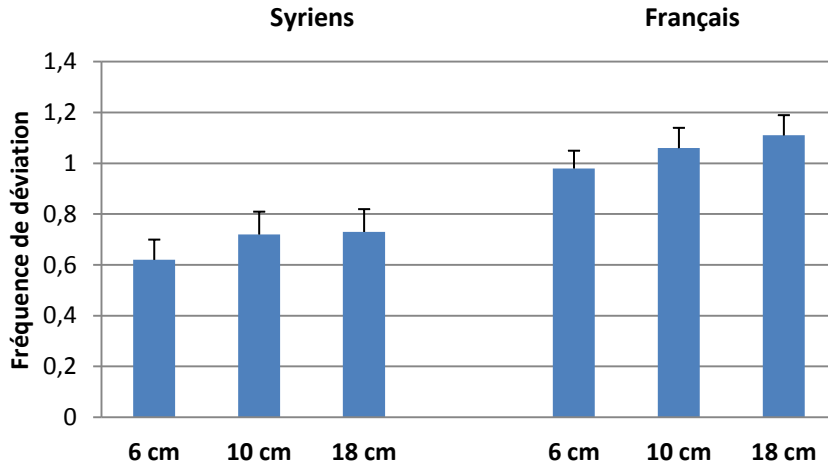


Figure 67 : Nombre moyen de déviations du milieu objectif de la ligne vers la gauche (sur 2) en fonction de la Longueur chez les Français et les Syriens.

- Analyse en termes de valeurs relatives d'erreur :

En ce qui concerne les erreurs en termes de valeurs relatives, la déviation à droite du milieu objectif a été notée en valeurs positives, celle à gauche en valeurs négatives. L'ANOVA révèle un effet significatif du facteur Culture, $F(6,166) = 10.74$, $p < .001$. L'effet de l'Age ($F < 1$) et l'interaction Age x Culture ($p = .24$) ne sont pas significatifs. Les données sont illustrées dans la figure 68.

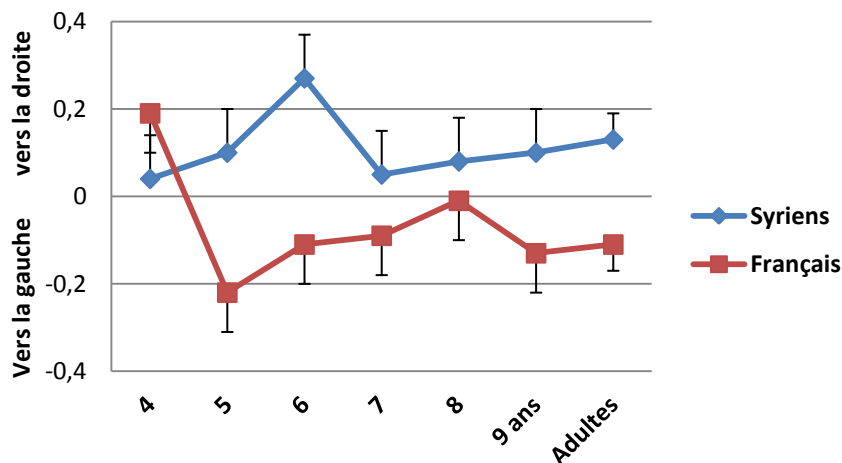


Figure 68 : Valeurs relatives de la déviation moyenne (en cm) du milieu objectif de la selon l'âge chez les Français et les Syriens

Nous pouvons remarquer que la distance de déviation à droite chez les syriens ($m = 0,11$ cm) est plus importante que la distance de déviation vers la gauche chez les français ($m = -0,05$ cm). En analysant séparément les données des français et des syriens, nous trouvons un effet significatif de l'Age chez les français, $F(6,89) = 3.40$, $p < .01$. Comme le montre la figure 68, les enfants français de 4 ans tendent à couper à droite à une distance plus forte que les plus âgés, qui eux, coupent à gauche. Chez les syriens, l'effet de l'âge n'est pas significatif ($F < 1$) : la déviation à droite se retrouve à tous les âges, avec un pic inattendu et difficile à expliquer à 6 ans.

L'effet Main, $F(1,166) = 103.84$, $p < .001$, et l'interaction Main x Culture sont significatifs, $F(1,166) = 15.81$, $p < .001$. La distance de déviation est plus allongée quand les sujets utilisent leur main droite ($m = 0,19$ cm) que lorsqu'ils utilisent la main gauche ($m = -0,14$ cm). Surtout, elle est positionnée à droite pour la main droite et à gauche pour la main gauche. Ce résultat est parallèle à celui montrant que la déviation à gauche apparaît plus souvent quand le sujet coupe la ligne avec la main gauche qu'avec la main droite. Comme le montre la Figure 69, les deux groupes de sujets dévient vers la gauche avec la main gauche. On note une consolidation de la distance de déviation à droite avec la main droite chez les syriens, contrairement aux français qui montrent une distance de déviation à droite avec la main droite, même si cette déviation n'est pas importante. Les deux groupes bissectent les lignes de manière plus proche avec leur main gauche qu'avec la main droite.

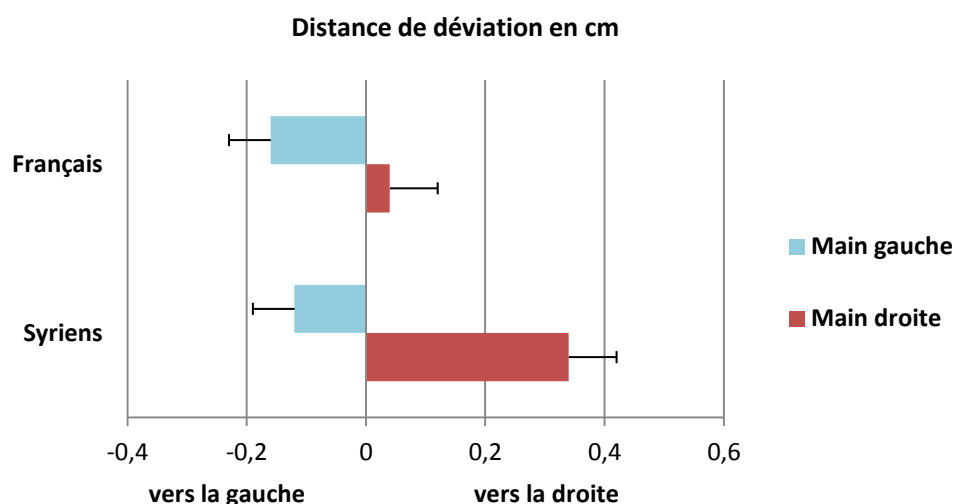


Figure 69 : Représentation graphique de la déviation moyenne (en cm) du milieu objectif de la ligne en fonction de la Culture et de la Main

L'interaction Age x Main, $F(6,116) = 3.46$, $p < .01$, est significative. La Figure 70 rapporte l'évolution avec l'âge de la déviation moyenne en centimètres du milieu objectif de la ligne en fonction de la main chez les sujets français (à gauche) et chez les sujets syriens (à droite).

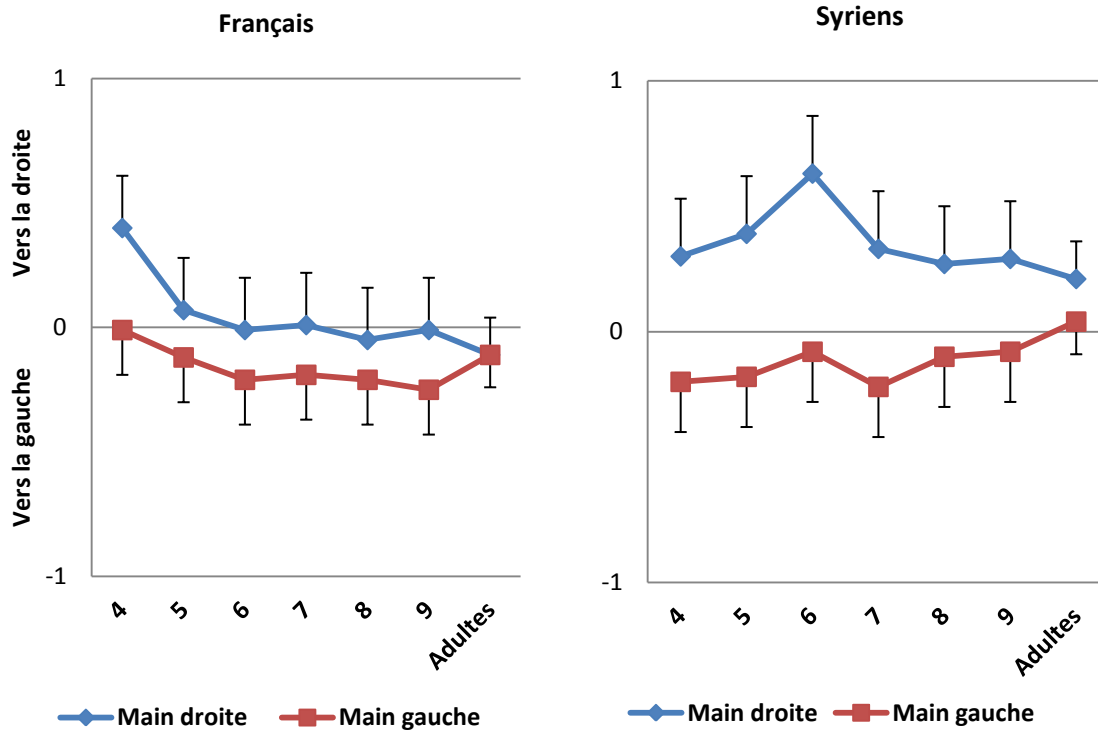


Figure 70 : Déviation moyenne (en cm) du milieu objectif de la ligne en fonction de la main utilisé, selon l'âge chez les Français et les Syriens.

Comme le montre la Figure 70, pour les syriens comme pour les français, la différence entre la main droite et la main gauche est plus importante chez les enfants les plus jeunes, et elle s'amenuise au cours des âges. A l'âge adulte, les français coupent à gauche, quelle que soit la main utilisée, les syriens coupent à droite avec la main droite. La différence entre les deux mains est plus marquée chez les enfants syriens que chez ceux français.

L'interaction entre Main et Longueur est significative, $F(2, 332) = 9.32$, $p < .001$, mais pas l'effet de Longueur ($F < 1$). Comme le montre la Figure 8, on peut dire globalement que plus la longueur de la ligne augmente, plus la déviation à droite avec la main droite et à gauche avec la main gauche, augmente.

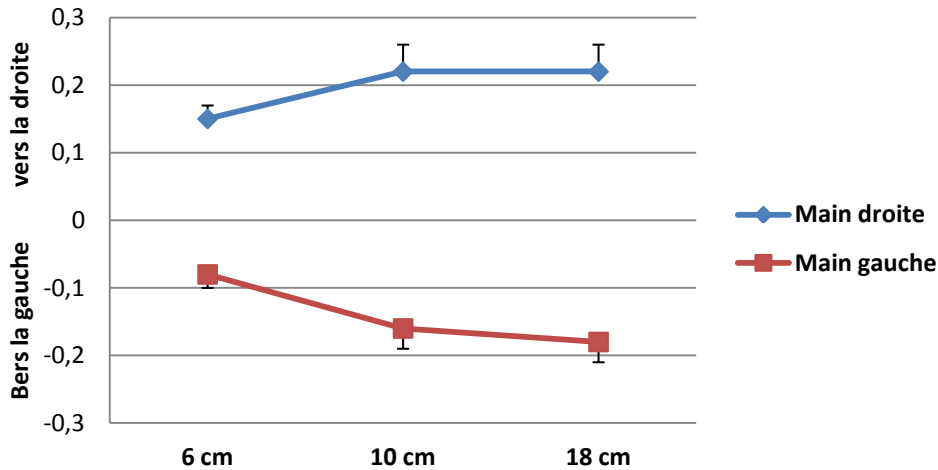


Figure 71 : Déviation moyenne (en cm) du milieu objectif de la ligne en fonction de la Main et de la Longueur.

Cet effet n'est pas remarqué chez les sujets adultes. Si on analyse séparément les données des adultes, on trouve que l'interaction Main x Longueur est marginale, $F(2,92) = 2.64$, $p = .08$, comme l'indique la Figure 72 à gauche. La différence entre les trois longueurs est plus importante avec la main droite que la main gauche. Par ailleurs, la différence entre les deux mains finit par être quasi nulle pour la plus grande longueur. L'interaction entre la Main et la Longueur est significative chez les enfants, $F(2,240) = 3.45$, $p < .001$. Comme illustré par la Figure 72 à droite, l'écart entre les deux mains chez les enfants est d'autant plus important que la longueur de la ligne s'allonge.

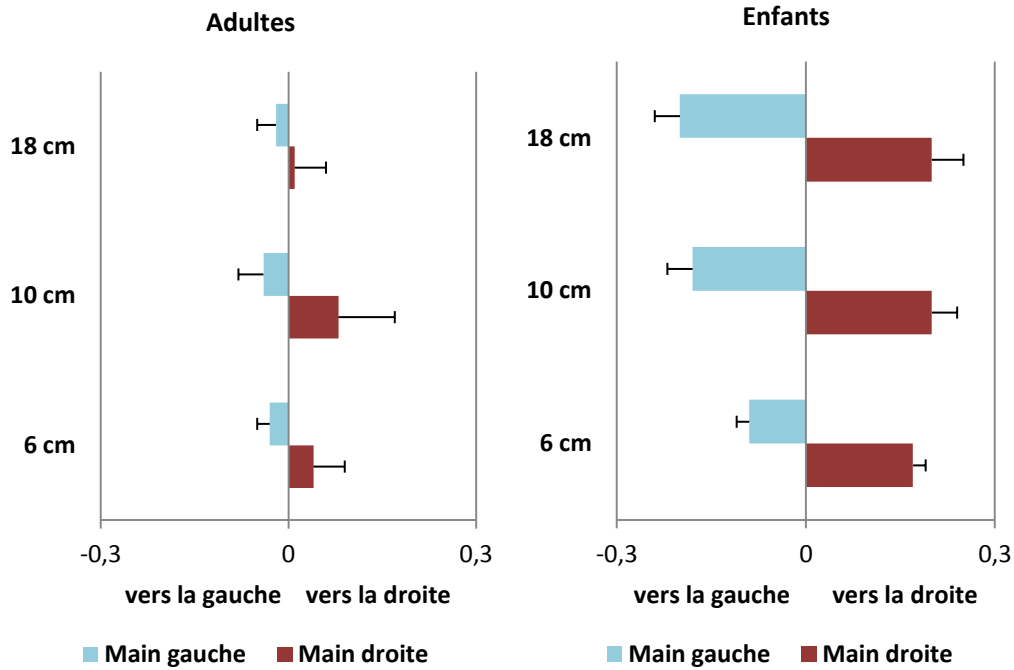


Figure 72 : Déviation moyenne (en cm) du milieu objectif de la ligne en fonction de la Main utilisée et de la Longueur chez les adultes et les enfants.

L'interaction entre Culture x Main x Longueur n'est pas significative ($p = .29$). Si on analyse pourtant les données de chaque groupe séparément, on trouve que l'interaction Main x Longueur est significative chez les français, $F(2, 178) = 9.84, p < .001$, et seulement marginalement chez les syriens, $F(2, 154) = 2.35, p = .09$. La Figure 73 présente la distance de déviation en fonction de la main utilisée et de la longueur dans les deux groupes.

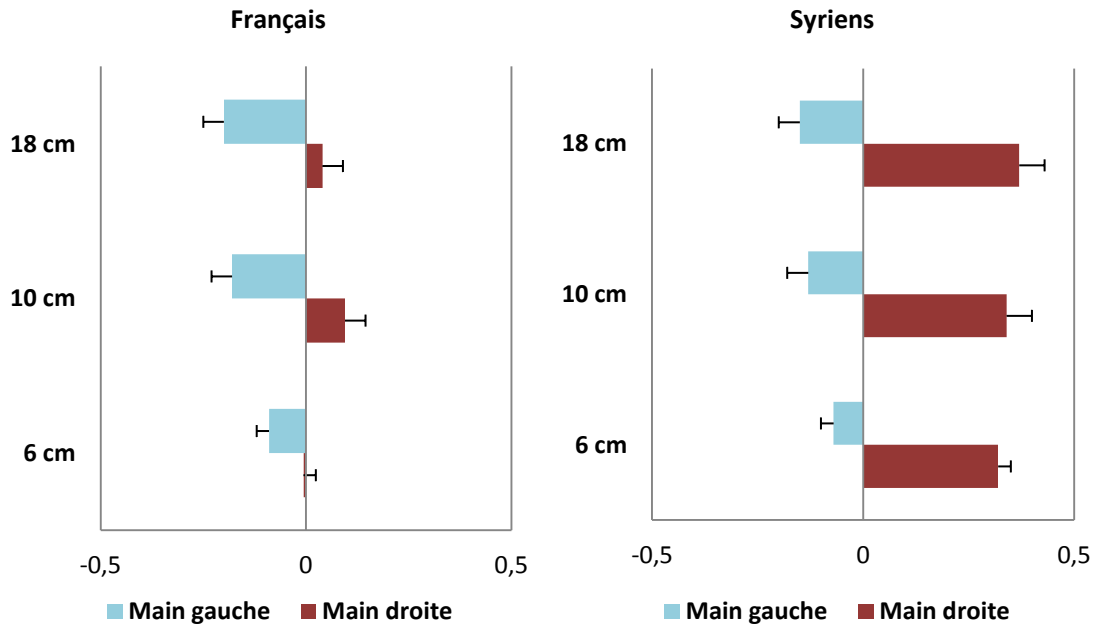


Figure 73 : Déviation moyenne (en cm) du milieu objectif de la ligne en fonction de la Culture, de la Main utilisée et de la Longueur

Nous remarquons que la distance de déviation à gauche augmente au fur et à mesure que s'allonge la longueur de la ligne lorsque les deux groupes utilisent la main gauche. En utilisant la main droite, la distance de déviation droite augmente avec l'augmentation de la longueur de ligne chez les syriens, mais de façon moindre que pour la main gauche. Cet effet n'est pas observé chez les français, pour lesquels la différence main droite - main gauche est faible pour la ligne courte, et augmente pour les lignes plus longues.

Aucun autre effet n'est significatif.

Discussion

Dans la présente recherche, nous avons abordé la déviation du milieu objectif lors de la bissection de lignes chez des enfants et des adultes, de culture arabe ou française. Nous avons examiné l'influence des facteurs âge, culture, biomécanique (main utilisée), et de longueur des lignes à bissecter.

Les résultats montrent que l'habitude de lecture et d'écriture influence l'orientation de l'attention sur la ligne et de cette façon, la position de la bissection. Conformément aux études de

Halligan et al. (1991) et Manning et al. (1997), les français montrent, dans cette recherche, une tendance à bissecter à gauche du milieu objectif. Conformément aux études de Chokron et Imbert (1993), Chokron et De Agostini (1995) et Fagard et Dahmen (2003), ce biais directionnel est affecté par la culture et les habitudes de lecture et d'écriture : le groupe syrien présente un biais directionnel vers la droite dans la tâche.

L'effet de la main utilisée apparaît clairement dans les performances de nos sujets. Les Français et les Syriens montrent plus fréquemment des déviations vers la gauche avec la main gauche qu'avec la main droite, contrairement aux résultats de Jewell et McCourt (2000), suggérant que les droitiers bissectent plus à gauche que les gauchers. Notre résultat va dans le sens des résultats de Schenkenberg et al. (1980), de Sampaio et Chokron, (1992), et de Fagard et Dahmen (2003). Les études de Reed et Smith (1961) et Shanon (1978) ont montré une tendance à tracer les lignes horizontales par des mouvements d'extension, parce que ces mouvements vers l'extérieur du corps sont plus rapides, plus précis et moins fatigants que des mouvements de fléchissement vers l'intérieur (Barlett, 1957 ; Brown, Knauff & Rosenbaum, 1948). Cela peut expliquer pourquoi les français et les syriens présentent plus fréquemment un biais vers la gauche avec la main gauche qu'avec la main droite, même si le biais gauche avec la main gauche est plus faible que le biais droit avec la main droite chez les syriens.

Les sujets syriens se différencient plus par rapport à la main utilisée que les français. Nous avons observé un conflit entre deux effets : d'une part, l'effet de direction de l'exploration visuelle, et d'autre part, l'effet de la latéralité. Ce conflit apparaît chez les syriens lorsqu'ils bissectent avec la main gauche et chez les français lorsqu'ils bissectent avec la main droite. Comme le montre la figure 70, lorsque les syriens bissectent avec la main droite, ils tendent à dévier vers la droite en conséquence des habitudes directionnelles de droite à gauche, renforcées par la facilité associée aux mouvements d'extension, tandis qu'un conflit apparaît entre ces deux effets lorsqu'ils utilisent la main gauche. Ils tendent alors à dévier vers la gauche avec la main gauche, répondant ainsi à l'influence de la facilité des mouvements d'extension. Cela peut expliquer pourquoi les syriens montrent une consolidation de la déviation à droite avec la main droite. Chez les français, le conflit entre la direction de l'exploration visuelle de gauche à droite et la préférence pour les mouvements d'extension de droite à gauche se manifeste lorsqu'ils bissectent avec la main droite. Cela peut expliquer également pourquoi les français montrent un biais gauche avec la main gauche plus qu'avec la main droite. Globalement, ce conflit explique pourquoi la tâche est plus correcte et mieux réussie et la distance de déviation moins importante avec la main gauche chez les syriens et avec la main droite chez les français. Ce résultat prouve que les facteurs culturels et éducatifs peuvent être modulés par le facteur biomécanique lorsque le sujet utilise la main non dominante (*gauche*) plutôt que la main dominante (*droite*). En conséquence, les deux groupes dévient de façon plus proche lorsqu'ils utilisent la main gauche plutôt que la main droite.

L'importance et le sens de la déviation vers la gauche ou la droite semblent être également affectés par l'âge du sujet. Les enfants préscolaires français et syriens dévient à droite du milieu objectif, cette polarisation étant évidente en termes d'erreurs en valeur relative. Cette tendance confirme l'hypothèse de l'activation hémisphérique et de l'ordre du traitement perceptuel (Bradshaw et al. 1983 ; 1985). La déviation du milieu objectif dans la tâche de bissection de ligne dépendrait de l'hémisphère le plus activé. Ainsi, une suractivation de l'hémisphère droit, relatif au traitement des informations spatiales, induirait une perception accrue de l'hémichamp gauche perçu, conduisant le sujet à dévier vers la gauche. De plus, en lien avec la conception défendue par Chokron et De Agostini (1995), l'immaturation calleuse chez les jeunes enfants, empêchant les deux hémisphères de communiquer, les conduirait à bissecter la ligne vers la droite. Toutefois, le biais à droite apparaît plus fréquemment chez les plus jeunes syriens que chez les français : les enfants d'âge préscolaire pourraient donc déjà être influencés par les habitudes directionnelles dans l'environnement dans lequel ils grandissent. A l'âge scolaire, en accord avec les études de Chokron et De Agostini (1995) et de Fagard et Dahmen (2003), nous trouvons que les enfants français ont une tendance à bissecter la ligne de plus en plus à gauche du milieu objectif avec l'âge, alors que les enfants syriens la bissectent de plus en plus à droite avec l'âge. Contrairement aux études de Chokron et De Agostini (1995), qui ont constaté une déviation à gauche plus importante chez les adultes israéliens que chez les enfants israéliens à l'âge de 8 ans, manifestant un biais droit, nos résultats montrent que les adultes syriens ont une polarisation vers la droite plus marquée que les enfants plus âgés. Selon nous, la raison en est que les adultes syriens sont moins confrontés à des habitudes de lecture et d'écriture occidentale que les enfants, apprenant des langues occidentales, comme l'anglais ou le français, à l'école primaire dès l'âge de 6 ans.

Nos résultats font aussi apparaître l'existence d'une évolution de la performance au cours du développement par rapport à la main utilisée. A l'âge adulte, la différence entre les deux mains est moins importante que chez les enfants. En effet, les adultes français ne montrent aucune différence entre les deux mains et dévient toujours vers la gauche alors que les adultes syriens dévient toujours vers la droite. De plus, les français présentent, avec l'âge, davantage de déviations vers la gauche, quelle que soit la main utilisée, alors que les syriens dévient vers la droite avec la main droite et vers la gauche avec la main gauche. Ces résultats contredisent les résultats de Fagard et Dahmen (2003), montrant qu'avec l'âge, les Tunisiens présentent moins de déviation vers la gauche, quelle que soit la main utilisée, alors que les Français dévient plus vers la gauche lorsqu'ils utilisent leur main droite.

Pour ce qui concerne l'effet de la longueur de la ligne à couper, notre étude n'est pas complètement opposée à l'étude de Rousseaux et al. (2001) dans le sens où nous trouvons bien un effet simple de la longueur de la ligne lorsque les résultats sont analysés en termes de nombre moyen de déviations vers la gauche : ce nombre tend à augmenter au fur et à mesure que la longueur de la ligne augmente. Elle ne correspond pas exactement aux résultats des études de Luh (1995), Halligan et al.

(1991b) et Manning et al. (1990) indiquant que la déviation devient plus importante avec l'augmentation de la longueur de ligne. Selon nos résultats, les erreurs de déviations augmentent au fur et à mesure que s'allonge la longueur de la ligne chez les enfants plus que chez les adultes, lorsque les sujets utilisent leur main gauche plus que lorsqu'ils utilisent leur main droite. Les adultes font en moyenne des déviations plus importante pour la ligne de longueur moyenne que la plus longue, ce qui contredit les études de Luh (1995), Halligan et al. (1991b) et Manning et al. (1990). Toutefois, il reste vrai que les déviations du milieu objectif de la ligne à gauche ou à droite sont moins importantes pour la plus courte ligne dans les deux groupes. Il faut souligner que les déviations chez les adultes apparaissent faibles par rapport à celles des enfants. Ces erreurs de faible importance ne permettent peut-être pas l'expression réelle d'un effet de longueur de la ligne ce qui ne serait pas le cas chez l'enfant, moins précis dans cette tâche que les adultes.

Cette recherche montre que les français et les syriens se différencient plus quand ils bissectent avec la main droite qu'avec la main gauche. Les facteurs culturels et éducatifs peuvent donc être modulés par le facteur biomécanique ; ceci va dans le sens de nos résultats précédents sur la production graphique de dessin chez les adultes et les enfants, où les Syriens et les Français ont dessiné de manière très proche avec leur main gauche.

Dans le chapitre suivant, nous proposons d'utiliser un autre type de tâche visuo-spatiale qui concerne la question d'un choix préférentiel pour une orientation à gauche ou à droite des dessins de profil chez l'enfant et l'adulte.

Chapitre 4 : Orientation canonique de l'objet dans la tâche de dessins de profil chez l'adulte et l'enfant¹

Introduction

Dans les dessins, les traits identifiant l'objet ont une orientation particulière dans l'espace graphique et facilitent ainsi la reconnaissance de l'objet représenté. La notion de **représentation canonique** a été proposée par Freeman (1980), suggérant qu'il existe toujours une manière optimale de signaler une information structurale à propos d'un objet. La représentation canonique est définie par l'ensemble des caractéristiques conceptuelles essentielles de l'objet donnant lieu à des composants graphiques symboliques (ex : l'anse pour la tasse), et pour lesquelles l'objet est figuré dans une orientation particulière (par exemple, on tend à dessiner les visages de face, les animaux et les voitures de profil). Dans cette étude, nous allons considérer l'orientation préférentielle des objets dans une tâche de dessins de profil chez des enfants et des adultes, en étudiant l'effet des contraintes biomécaniques chez les droitiers, de la culture, et leurs interactions au cours de l'âge.

Des effets clairs de directionnalité ont été révélés dans des tâches de dessin d'objets produits de mémoire par les sujets (Alter, 1989 ; De Agostini & Chokron, 2002 ; Karev, 1999 ; Taguchi & Noma, 2005 ; van Sommers, 1984 ; Viggiano & Vannucci, 2002 ; Picard 2011). Ces auteurs rapportent que la plupart des objets familiers présentent une direction préférentielle, le plus souvent vers la gauche, mais que certains facteurs peuvent déterminer les orientations canoniques des dessins, comme des facteurs environnementaux et des habitudes de lecture, des facteurs perceptifs, des facteurs liés à la manualité du sujet et des facteurs de contraintes biomécaniques.

Takala (1951) a mis en évidence une relation entre la préférence directionnelle et la latéralité dans ces tâches de dessins de profil, confirmant ainsi un constat fait par Wilson (1885) il y a plus de 130 ans : "le dessin de profil impromptu, réalisé par un dessinateur utilisant sa main droite, sera représenté en regardant vers la gauche ; et si le dessinateur dessine avec sa main gauche, le dessin sera orienté certainement vers la droite" (*cité par Alter, 1989*). Cette remarque est confirmée par diverses études montrant qu'il existe un effet de manualité sur l'orientation de dessins plus marqué chez les droitiers que les gauchers (Jensen, 1952 ; Shanon, 1979 ; Vaid, 1995 ; Karev, 1999). Quelques études ont étudié le rôle de l'usage de main dans la directionnalité du profil de dessins. Shanon (1979) a signalé que les droitiers dessinent le visage de profil tourné vers la gauche dans environ 80% des cas, alors que ce pourcentage est diminué à 45% chez les gauchers. Alter (1989) a rapporté des différences

¹ Ce chapitre fait l'objet d'une publication à paraître dans « Journal of Cross-Cultural Psychology »

entre les adultes droitiers qui tendent à orienter le dessin à gauche, et les gauchers qui dessinent le profil à droite. Dans l'étude de Karev (1999), le biais à gauche a été beaucoup plus prononcé chez les droitiers que chez les gauchers qui n'ont toutefois pas montré de préférence directionnelle à droite, au contraire des résultats de Alter (1999). Vaid et Chen (2009) ont raté de signaler l'effet de la main utilisée chez les droitiers. En revanche, ils ont observé une tendance très forte à orienter les dessins à gauche chez les gauchers lorsqu'ils dessinent avec la main droite plus qu'avec la main gauche (cité par Vaid, 2011). Picard (2011), en comparant les dessins de 6 objets familiers d'enfants droitiers et gauchers, âgés de 5 à 9 ans, rapporte que la différence entre les droitiers et les gauchers émerge à l'âge de 9 ans, et que les plus jeunes de 5 ans ne montrent aucune préférence significative.

Taguchi et Noma (2005) ont demandé à des sujets japonais droitiers d'âge préscolaire et à des adultes, de produire des dessins de poissons avec leur main dominante et leur main non dominante. Ils ont rapporté que les enfants et les adultes dessinent les poissons orientés vers la gauche lorsqu'ils utilisent leur main dominante (droite) dans 77% et 100% des cas respectivement, alors que ces pourcentages diminuent légèrement à 59% et 83% respectivement avec la main non dominante (gauche). Toutefois, en raison des limites des dessins réalisés par les participants (seulement des dessins de poissons), ce résultat est difficile à interpréter (Karev, 2006). De même, Vaid (1995) a indiqué que les filles Indis droitières âgées de 9 et 13 ans montrent une orientation de la figure vers la gauche tandis que les filles gauchères ont une tendance à orienter leurs dessins vers la droite. Vaid, Singh, Sakhuja, et Gupta (2002) ont confirmé cette constatation chez les adultes, en analysant la direction des mouvements utilisés pour tracer les segments plutôt que l'orientation des objets. Cependant, Scheirs (1990) n'a trouvé aucune orientation préférentielle dans les dessins de visages entre les droitiers et les gauchers.

De Agostini et Chokron (2002) ont mené une recherche sur des enfants et des adultes, et ont comparé des sujets droitiers, gauchers et ambidextres lorsqu'ils dessinent un visage de profil. Ces auteurs n'ont pas observé de préférence directionnelle dans le dessin des visages de profil chez les adultes gauchers, alors qu'elles ont rapporté un biais vers la gauche chez les adultes droitiers. Elles ont également mentionné que les enfants droitiers de 7-10 ans ont produit majoritairement les profils en les orientant vers la droite, alors que les enfants gauchers dessinent un profil gauche.

Au niveau interculturel, Chokron et De Agostini (2000) ont mis en évidence un lien entre l'orientation des dessins des objets et les habitudes de lecture. Elles ont comparé des français et des israéliens dans une tâche de préférence esthétique. Cette tâche comprenait 20 images d'objets avec des orientations différentes (gauche et droite) et les sujets devaient dire quelle image ils préféreraient au sein de chaque paire. Elles ont trouvé que les enfants français préfèrent la directionnalité de gauche à droite pour les dessins des objets mobiles et statiques. Les enfants israéliens n'ont pas de préférence esthétique pour l'orientation droite ou gauche, alors que les adultes israéliens préfèrent la direction de

droite à gauche pour les dessins des objets mobiles et statiques. Notons que les deux groupes ne montrent aucune préférence directionnelle pour les dessins de paysage.

Vaid (1995) a comparé l'orientation des dessins d'objets familiers réalisés par des sujets de culture Indi (lecture et écriture de gauche à droite), de culture Urdu et Arabe (écriture de droite à gauche) lorsqu'ils dessinent une bicyclette, un visage de profil, et un éléphant. Elle signale que les Indis dessinent tous les objets avec une orientation à gauche, et que ce biais vers la gauche est plus important chez eux que chez les sujets Urdus pour deux catégories d'objets (pas d'orientation préférée pour la bicyclette chez les Urdus). Les arabes orientent les dessins de la bicyclette et de l'éléphant plutôt à droite mais ils ne montrent aucun biais directionnel pour les dessins du visage de profil. Cependant, d'autres études montrent qu'il n'y a pas de lien entre les habitudes directionnelles et une orientation préférée dans le dessin. Par exemple, Jensen (1952) a comparé des américains répartis en deux groupes différents selon leurs niveaux socio-économiques, des enfants norvégiens (lisant de gauche à droite comme les américains), et des enfants égyptiens (lisant de droite à gauche). Son étude révèle que la tendance à orienter les dessins vers la gauche est présente dans les 4 groupes. Pour Jensen, l'orientation des dessins à gauche n'est pas déterminée par les habitudes de lecture et d'écriture, car les enfants égyptiens ne diffèrent pas significativement des enfants américains sur cette variable. De même, Shanon (1979) a comparé des sujets droitiers et gauchers relevant de différentes habitudes de lecture, des américains et des hébreux, lorsqu'ils dessinent un visage de profil. Il a trouvé que les droitiers américains et israéliens dessinent le visage regardant vers la gauche, tandis que les gauchers américains ne montrent pas d'orientation préférée et les gauchers hébreux dessinent le visage regardant plutôt à droite. Il a prouvé que la directionnalité des droitiers avec l'une ou l'autre habitude de lecture semble déterminée par des facteurs biologiques, tandis que les gauchers sont davantage influencés par des facteurs environnementaux. Vaid (1995) a trouvé que la préférence à orienter les dessins à gauche est plus souvent remarquée chez les Indis droitiers que gauchers, et elle est plus importante chez les droitiers Indis que les droitiers et gauchers Urdus.

Enfin, quelques auteurs ont démontré que le biais directionnel est fonction du type d'objets représentés. Les études de Karev (1999) révèlent que la nature de l'objet influence la directionnalité du dessin. Il a comparé le taux d'orientation du dessin de 6 objets : un pot à eau, un avion, un camion, un visage de profil, un chien et une bicyclette. Le pot à eau était le seul objet manipulable. Les dessins des objets non manipulables présentent une orientation à gauche, quelle que soit la main utilisée pour les produire. Par contre, lorsque les droitiers dessinent un pot à eau avec leur main dominante, ils produisent cet objet en l'orientant vers la gauche, l'anse du pot étant à droite. Lorsque les gauchers dessinent avec la main gauche, ils produisent le dessin d'un pot en l'orientant vers la droite, avec l'anse dirigée à gauche. Karev (1999) a dénommé ce phénomène le « direct handedness effect ».

Cet effet a été rapporté précédemment par Van Sommers (1984). Van Sommers (1984) a trouvé, dans une tâche de préférence visuelle d'images d'objets, que les droitiers préfèrent l'image d'une tasse ayant une anse à droite, tandis que les gauchers préfèrent la tasse ayant une anse à gauche. Ces résultats nous amènent à penser que "l'œil s'habitue à ce que produit la main" (Zazzo, 1950). Un résultat indirectement opposé a toutefois été trouvé par Banich et al. (1989) qui rapportent que les droitiers préfèrent « esthétiquement » les dessins des objets orientés à gauche, alors que les gauchers ne montrent aucune asymétrie préférée.

Martin et Jones (1999) ont suggéré qu'au sein des processus cérébraux impliqués dans la production d'un mouvement physique, il existerait un isomorphisme entre la structure du mouvement et la structure de l'image ou de la représentation mentale, en raison de mécanismes cérébraux sous-jacents communs. Par exemple, si la main gauche est utilisée pour dessiner un objet, les composants relatifs à cet objet (*comme l'anse d'une tasse*) seraient stockés en mémoire dans la même position et direction spatiale que celle dans laquelle ils ont été manipulés par la même main gauche. Pour Karev (1999), la directionnalité semble guidée par un mécanisme autonome cérébral qui a évolué pour faciliter les relations perceptivo-motrice du sujet avec l'environnement. Toutefois, Viggiano et Vanucci (2002) n'ont pas signalé cet effet de « direct handedness ». Les auteurs ont mis en évidence un effet de latéralité sur l'orientation de dessin, notamment pour celui des animaux et des véhicules. Les droitiers dessinent la tête de l'animal tournée à gauche, alors que les gauchers dessinent la tête tournée vers la droite. Les parties intérieures des véhicules sont tournées vers la gauche chez les droitiers et vers la droite chez les gauchers. Concernant les végétaux, il n'y a pas de différence entre les gauchers et les droitiers. Les meubles sont présentés dans une position frontale, sans différence entre droitiers et gauchers.

Les études citées montrent nettement des contradictions, et le rôle de l'utilisation de la main n'a pas été suffisamment étudié. Pourtant, ce facteur semble susceptible d'avoir un impact sur la directionnalité de dessins. Parce que les mouvements d'extension vers l'extérieur sont préférés aux mouvements fléchisseurs vers l'intérieur (Dreman, 1974; Van Sommers, 1984), un fonctionnement en miroir des deux mains pourrait être prévu si les contraintes biomécaniques agissent conformément à la directionnalité, indépendamment de l'organisation hémisphérique (Reed & Smith, 1961). L'orientation graphique pourrait ainsi être expliquée par des contraintes perceptives et des contraintes exécutives graphiques. L'orientation des objets peut être liée à des mouvements privilégiés décrits par Van Sommers (1984). Les mouvements, partant du centre du corps du sujet et dirigés vers l'extérieur (outward) sont privilégiés par rapport à ceux allant de l'extérieur à l'intérieur (inward). Les adultes ont tendance « à commencer le dessin d'un objet avec un élément caractéristique clé (*par exemple, la tête du chien plutôt que son dos*) ». Cette tendance, combinée à une tendance à privilégier les mouvements outward, peut expliquer pourquoi les droitiers dessinent des objets dans une direction de droite à gauche et les gauchers dans la direction opposée. Annett (1985) a proposé que cette orientation des

profils vers la gauche puisse être liée à la tendance des droitiers à dessiner les cercles dans le sens anti-horaire. Les droitiers ayant tendance à tracer des courbes dans le sens anti-horaire, ils tendraient à dessiner le visage tourné à gauche plus facilement qu'à droite.

Toutefois, le facteur biomécanique entre en compétition avec les habitudes culturelles, chez les individus droitiers qui lisent et écrivent dans la direction de droite à gauche lorsqu'ils utilisent leur main droite et inversement pour les individus qui lisent et écrivent dans la direction gauche-droite. De plus, le type d'objets dessinés peut interférer directement avec les effets culturels et les effets biomécaniques, si le « direct handedness » effect rapporté par Karev (1999) est confirmé. Enfin, aucune des études citées précédemment n'a étudié les effets combinés de la culture et de l'âge sur une large gamme d'âges. Pourtant, les influences culturelles liées aux habitudes de lecture/écriture ont besoin de temps avant de façonner les comportements de dessins des individus.

Notre étude :

Ces contradictions dans la littérature montrent que la façon dont la culture et la main utilisée influencent l'orientation du dessin n'est du reste pas claire, ce qui nous a conduit à utiliser la tâche de dessins de profil dans cette expérience. Il s'agit pour nous de déterminer l'influence des contraintes biomécaniques et l'impact du facteur culturel sur l'orientation privilégiée de dessins de profil de catégories différentes d'objets, en adoptant une approche développementale.

Dans ce but, notre étude a impliqué 2 groupes expérimentaux, enfants et adultes, différant au niveau de la culture (Français et Syriens). Nous avons comparé les taux d'orientation des dessins vers la gauche pour chaque groupe lorsque les dessins sont produits de la main droite ou de la main gauche.

Nous avons adopté la tâche de dessins de profil utilisée par Alter (1989), puis reprise par Karev (1999), en remplaçant les items « camion et bicyclette » par les items « voiture et poisson ». Nous avons par ailleurs ajouté les items « brosse à dents, tasse à café et hâche pour couper du bois » afin de pouvoir constituer deux grandes catégories distinctes, comprenant une quantité équivalente d'exemplaires d'instruments manipulables « centrés sur soi » ou « centrés sur l'objet ». Les instruments centrés sur soi sont ceux pour lesquels l'action est dirigée vers soi (par exemple, on ramène une tasse à soi pour en boire le contenu) ; les instruments dirigés vers l'objet sont ceux pour lesquels l'action est dirigée vers d'autres objets (par exemple, on saisit un pot à eau pour remplir un verre). Viggiano et Vannucci (2002) ont suggéré les dessins des outils « centrés sur soi » pourraient provoquer un effet de latéralité plus fort que les outils « centrés sur l'objet ». De plus, le type d'objet dessiné peut interférer directement avec les effets culturels et les effets biomécaniques si l'effet de « hand directedness » rapporté par Karev (1999) est confirmé.

Conformément à nos expériences précédentes et aux résultats de Vaid et ses collègues (Vaid, 1995, 2011; Vaid et al., 2002), nous pensons trouver un profil différent en fonction du groupe culturel, avec des orientations différentes des objets selon les habitudes de lecture et d'écriture du sujet. Les orientations devraient être à gauche pour les Français et à droite pour les Syriens. Ensuite, selon les études que nous avons mentionnées dans la littérature, nous nous attendons à ce que l'orientation des objets dessinés diffère en fonction de la main utilisée (droite ou gauche), avec une orientation à gauche lorsque le sujet dessine avec la main droite et à droite avec la main gauche. Enfin, nous nous attendons également à ce que les plus jeunes enfants ne diffèrent pas en fonction de la culture, ni de la main utilisée car ils ne sont pas encore totalement latéralisés, et sont moins confortés par des effets culturels que les autres âges.

Méthode

Sujets :

Cette étude a été conduite auprès de deux groupes culturels, de sexe masculin et féminin, tous droitiers pour l'écriture. Le premier groupe comprend 36 enfants âgés de 6 à 10 ans et 24 adultes, tous de langue maternelle française et vivant en France. Le second groupe inclut 36 enfants âgés de 6 à 10 ans et 24 adultes, tous de langue maternelle arabe et vivant en Syrie. La latéralité des enfants a été rapidement vérifiée en contrôlant la main qu'ils emploient lorsqu'ils utilisent trois types d'instruments, le crayon, le marteau et les ciseaux.

Les enfants, français comme syriens, ont été répartis en trois groupes d'âge, correspondant respectivement à trois niveaux scolaires. Les enfants français étaient scolarisés en CP (N = 12, âge moyen de 6.2 ans), en CE2 (N = 12, âge moyen de 8.5 ans) et en CM2 (N = 12, âge moyen de 10.5 ans). Les enfants syriens étaient scolarisés en 1^{ère} classe (N= 12, âge moyen de 6.3 ans), 3^{ème} (N = 12, âge moyen de 8.6 ans), et 5^{ème} (N = 12, âge moyen de 10.4 ans). Pour ce qui concerne les enfants de 6 ans, nous avons veillé à ce que l'expérience se déroule dans les premières semaines de la rentrée scolaire, afin de réduire les effets potentiels liés à l'apprentissage systématique de la lecture et de l'écriture. Nous avons cherché à réaliser cette expérience avec des enfants plus jeunes, mais les difficultés à produire certains dessins étaient trop grandes, (par exemple, l'avion), et celles à bien comprendre ce que signifie dessiner de profil l'étaient également (surtout pour le visage, qui est canoniquement dessiné de face). Il devenait difficile de ne pas induire, par l'explication des consignes, des directions dans le dessin de l'enfant. Le groupe des adultes français compte 24 sujets avec une moyenne d'âge de 27.2 ans (empan de variation : de 22 à 31 ans). Le groupe des adultes syriens est constitué de 24 sujets, d'âge moyen de 25.4 ans (empan de variation : de 21 à 31 ans). Les adultes

syriens ont été sélectionnés de façon à ce qu'ils constituent un échantillon non régulièrement confronté à la culture occidentale (aucun d'entre eux n'était étudiant). Le nombre de garçons est égal au nombre de filles dans chaque groupe d'âge, quelle que soit la culture.

Matériel :

Le matériel qui a été remis aux adultes était constitué d'un petit livret de 2 pages blanches. Sur la première page, ont été reportées les informations sur le sujet, tels que son nom, prénom, âge, sexe, profession, nationalité, langue maternelle et latéralité. Sur la deuxième et troisième pages, se trouve un tableau de deux colonnes et 5 lignes, les dimensions de chaque cadre étant de 9.5 x 4.5 cm. Dans chaque cadre, est indiqué le nom de l'objet à dessiner. La colonne droite est réservée aux dessins produits avec la main droite, et la colonne gauche aux dessins exécutés avec la main gauche. Le matériel mis à disposition des enfants pour cette tâche de dessin était constitué de 18 feuilles blanches de format A5 présentées horizontalement et d'un crayon à papier. La moitié des feuilles sont disponibles pour que le sujet dessine avec la main droite et le reste pour les dessins avec la main gauche. Précisons que le nom de l'objet à dessiner apparaît en tête de la feuille. Les objets à dessiner ont inclu 2 véhicules (*une voiture et un avion*), 2 animaux (*un poisson et un chien*), 2 visages (le visage d'un *monsieur*, le visage d'une *dame*), 2 instruments centrés sur soi (*une tasse et une brosse à dents*) et 2 instruments centrés sur objet (*un pot à eau et une hache pour couper du bois*). L'ordre de dessins des objets a été aléatorisé. Le sujet dessine les objets avec un crayon bille.

Procédure :

Le participant était informé qu'il allait devoir imaginer des objets comme s'ils étaient devant lui, vus de côté ou de profil, pour les dessiner ensuite. Seuls quelques enfants de CP ont eu des difficultés à comprendre ce que « de profil » signifiait. L'expérimentateur a alors pris le temps de montrer différents objets « de profil » à l'enfant pour lui permettre de comprendre la consigne. Il lui a aussi été suggéré, pour les objets mobiles (visage, avion, voiture, poisson, chien) de les dessiner « comme s'il les imaginait passer devant lui ». Pour les objets à anse et à manche, il était dit au participant de bien les imaginer devant lui, posés à plat sur la table, et de les dessiner dans la position imaginée. La consigne ne donnait aucune autre information, et aucun feedback n'a été donné au participant sur la qualité de son dessin. Par contre, lorsque l'expérimentateur se rendait compte que le dessin pouvait être ambigu quant à son orientation, elle demandait à l'enfant de lui montrer où était le volant de la voiture ou du camion par exemple, où étaient les poils de la brosse à dents, etc... Dans ces cas, l'expérimentateur reportait sur le dessin de l'enfant l'information donnée par celui-ci. Chaque

sujet produisait 20 dessins (10 objets x 2 mains) et ces dessins ont été présentés dans un ordre aléatoire (avec exclusion des cas d'alternance immédiat entre les deux mains pour le même objet). La passation était individuelle et durait en moyenne 20-25 minutes par sujet.

Codage des données :

Quand le dessin est représenté en regardant vers la gauche, on note 1, (0 s'il est orienté vers la droite). Un indice de directionnalité a été calculé pour chaque catégorie d'objets, en utilisant l'indice de directionnalité décrit par Alter (1989), à savoir : nombre d'objets orientés vers la droite – nombre d'objets orientés vers la gauche divisé par le nombre total d'objets $[(D - G) / (D + G)]$. Cet indice, en tant que variable d'intervalle, nous permet d'évaluer les dessins sur leur degré d'orientation gauche ou droite. Il varie de - 1 (dessins orientés totalement vers la gauche) à + 1 (dessins orientés totalement à droite). La figure 74 présente des exemples de dessins à orientation gauche (A), et à droite B.

Figure 74-A : Exemples de dessins orientés à gauche

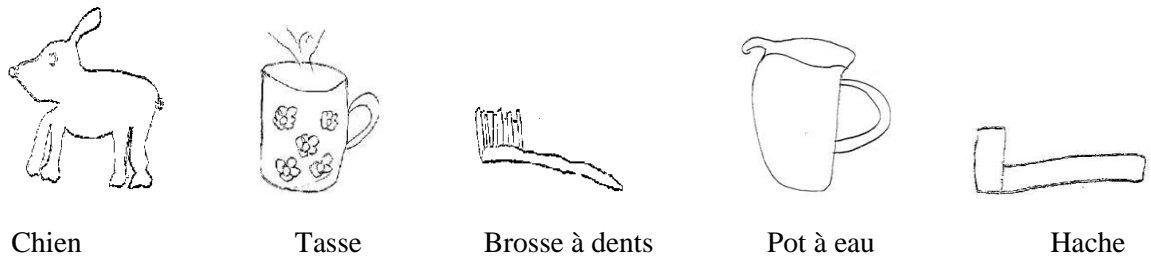
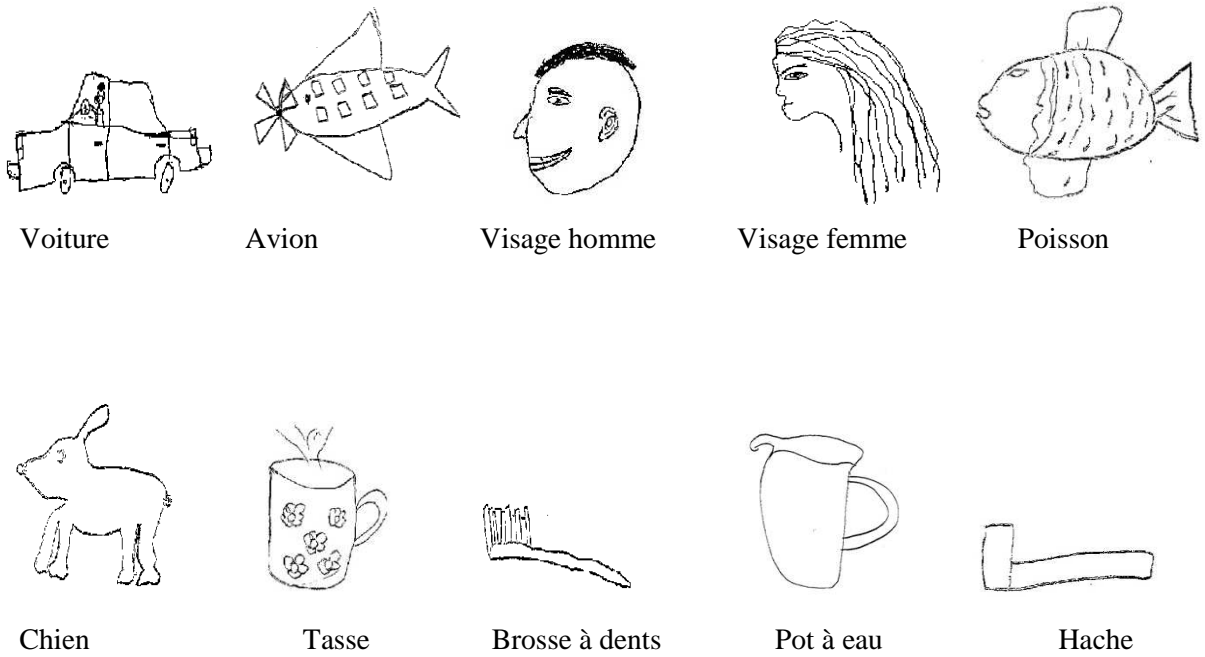
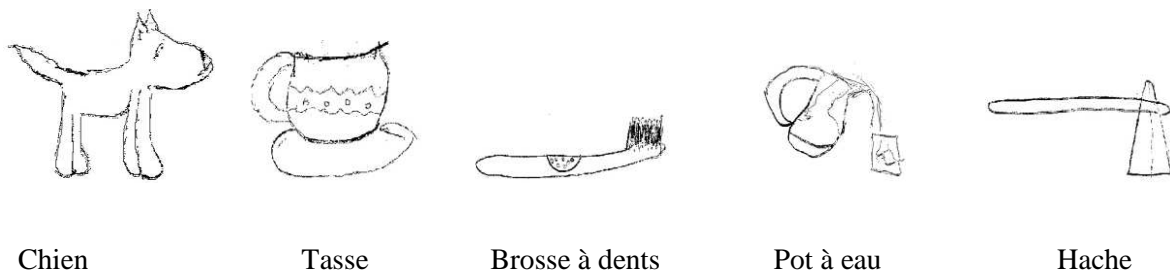
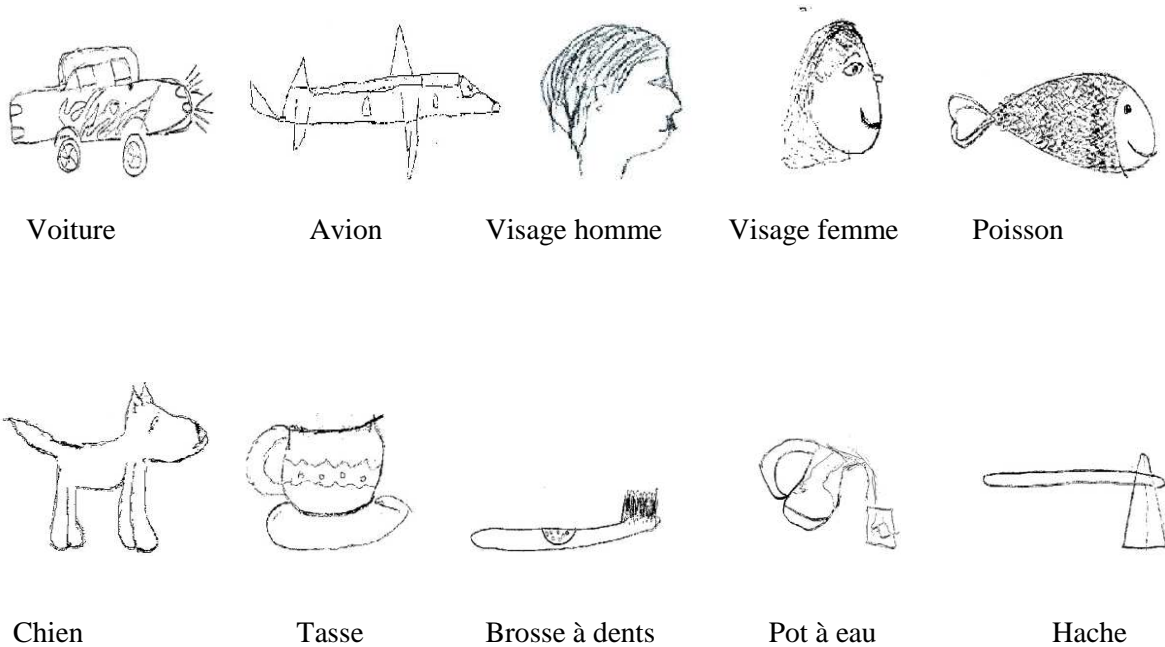


Figure 74-B : Exemples de dessins orientés à droite.



Résultats

Deux types d'analyse ont été effectués. L'une utilise l'indice de directionnalité (ID) comme variable dépendante, l'autre la fréquence des dessins orientés à gauche.

- *Analyse avec l'indice de directionnalité :*

Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture (*Français, Syriens*) et l'Age (6, 8, 10 ans et adultes), comme facteurs intergroupes et la Main (*Droite, Gauche*) comme facteur intragroupe.

L'ANOVA portant sur le plan complet a révélé un effet significatif des facteurs Culture, $F(1, 112) = 27.90, p < .001$ et Main, $F(1, 112) = 3.93, p = .05$, alors que l'effet Age n'atteint pas le niveau de significativité ($F < 1$). En effet, les syriens présentent un indice de directionnalité positif (ID = 0.24), c'est-à-dire une orientation à droite, alors que cet indice est négatif (ID = -0.25) chez les français, qui privilégient une orientation à gauche. Une orientation à gauche apparaît en utilisant la main droite (ID = -0.05), une orientation à droite est associée à la main gauche (ID = 0.04).

Des effets d'interaction significative entre Culture x Main $F(1, 112) = 4.81, p < .05$, Culture x Age, $F(3, 112) = 3.65, p < .01$, et entre Age x Culture x Main, $F(3, 112) = 3.84, p < .01$ sont obtenus. La Figure 75 illustre cette interaction.

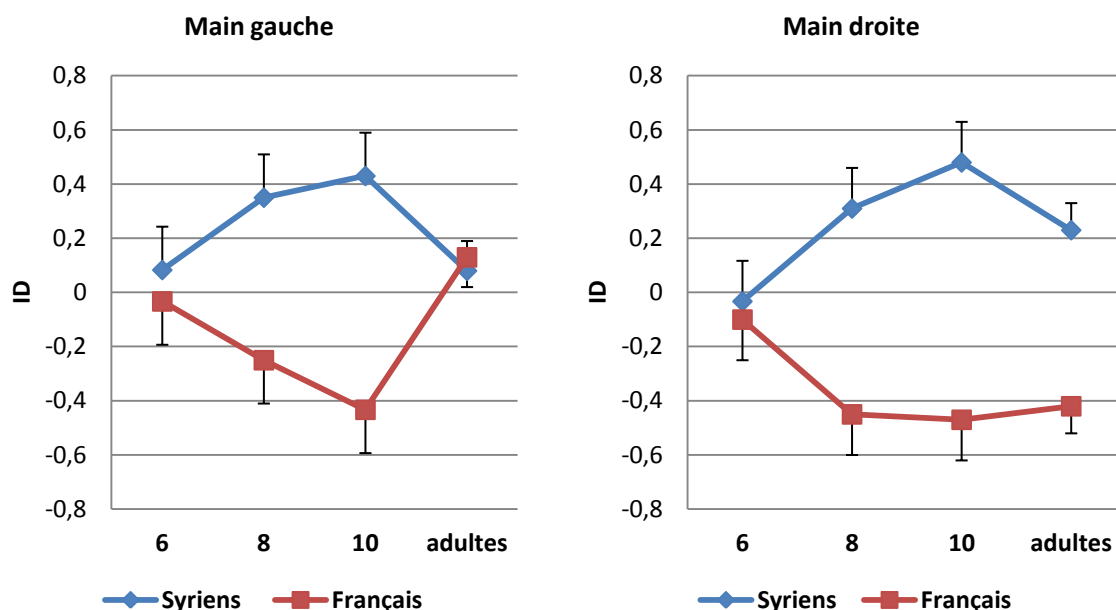


Figure 75 : Evolution de l'indice de directionnalité en fonction de l'Age et de la Culture en utilisant la main droite (figure gauche) et la main gauche (figure droite)

Globalement, les enfants de 6 ans dans les deux groupes ne montrent aucun biais significatif à gauche ou à droite, quelle que soit la main utilisée. Par contre, la différence entre les deux groupes apparaît avec l'accroissement de l'âge. Les français vont montrer une préférence d'orientation à gauche tandis que les syriens vont présenter un biais à droite quelle que soit la main utilisée. Le biais directionnel vers la droite diminue toutefois chez les syriens à l'âge adulte. La figure 2 révèle que la différence entre les deux mains est largement marquée chez les adultes lorsqu'ils utilisent la main droite. Les français montrent un biais à gauche avec la main droite, alors que c'est l'inverse chez les syriens qui orientent leurs dessins à droite. En utilisant la main gauche, les adultes français et syriens présentent un biais plutôt à droite.

Toutefois, nous avons décidé d'effectuer une analyse complémentaire de cet effet de main au niveau individuel en raison de la possibilité que l'indice de directionnalité demeure inchangé même si les participants ont renversé systématiquement la direction de chaque objet quand ils dessinent avec la main droite et la main gauche respectivement. (par exemple, un ID égal à 0, indique que 5 objets ont été dessinés à gauche et 5 autres à droite, et il reste égal à 0 si le sujet inverse complètement l'orientation de chacun des 10 objets). Ainsi, pour obtenir une compréhension plus approfondie de l'effet de la dominance manuelle au niveau intra-individuelle, lorsque les deux mains fonctionnent de façon similaire on note 1 (et 0 si elles fonctionnent de façon opposée). Nous avons analysé le nombre moyen de cas pour lesquels les deux mains ont produit des dessins orientés dans la même direction (congruence manuelle) en fonction de l'Age, la Culture et de l'Objet.

L'ANOVA indique que l'effet de l'Age est significatif, $F(3, 112) = 10.30, p < .001$. Par ailleurs, l'effet de la Culture ($F < 1$), et l'interaction Age x Culture ($F < 1$) ne sont pas significatifs. Comme le montre la Figure 76, la congruence entre les deux mains se retrouve davantage chez les enfants de 8 ans et 10 ans que les enfants de 6 ans, alors qu'elle devient moins importante à l'âge adulte, que les français ou les syriens soient considérés.

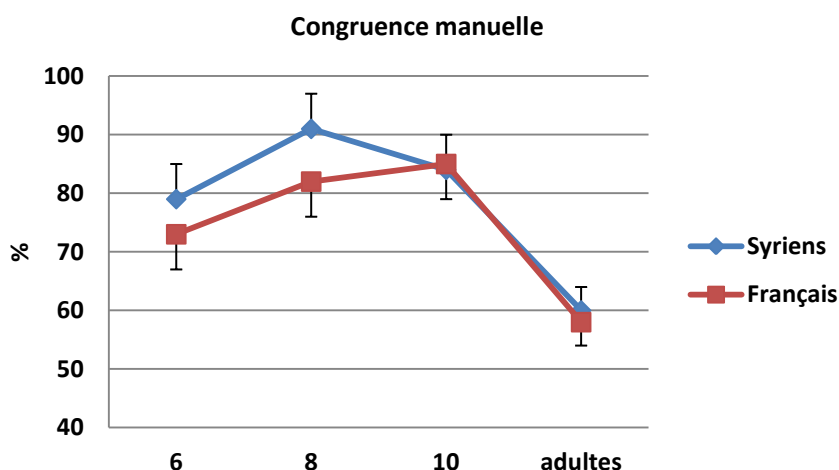


Figure 76 : Evolution de la congruence manuelle avec l'Age chez les syriens et les français.

- Analyse des pourcentages d'orientation à gauche des dessins :

Pour obtenir une vision cohérente de la façon dont la directionnalité a été modifiée par la nature de l'objet dessiné, nous avons analysé séparément les dessins produits avec la main droite (main dominante) en termes de fréquence d'orientation à gauche. Une ANOVA est effectuée avec l'âge (6, 8, 10 ans et adultes), et la culture des groupes (Français, Syriens) comme facteurs intergroupes, les 5 catégories différentes d'objets dessinés (Véhicules, Visages, Animaux, Instruments centrés sur soi, Instruments centrés sur l'objet) comme facteurs intragroupes, sur les pourcentages d'orientation vers la gauche comme variable dépendante.

L'ANOVA indique que l'effet de l'Objet est significatif, $F(4, 448) = 12.89, p < .001$. Par ailleurs, l'interaction Culture x Objet est significative, $F(4, 448) = 8.08, p < .01$. Les données sont illustrées dans la Figure 77.

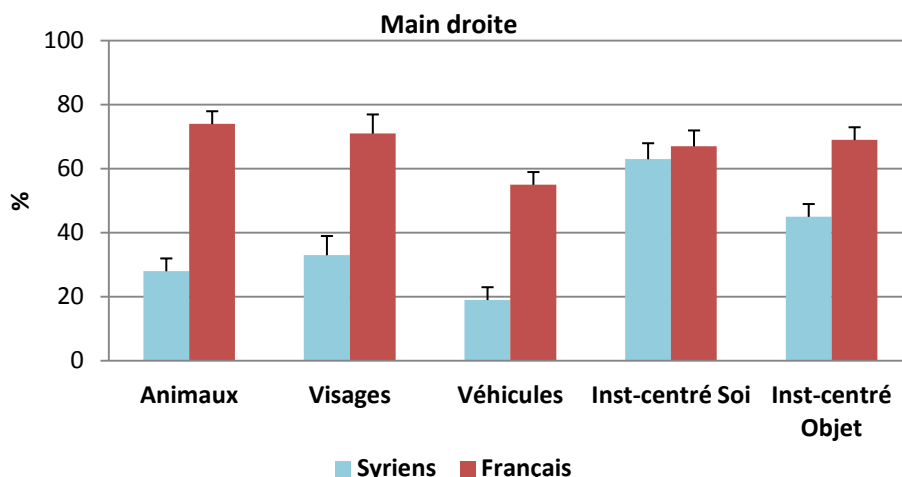


Figure 77 : Pourcentage moyen de l'orientation des objets vers la gauche chez les français et les syriens en fonction de la main droite.

La Figure 77 montre clairement que les participants français ont produit de manière significative plus souvent les dessins orientés à gauche que les participants syriens pour toutes les catégories d'objets à l'exception de deux catégories: les instruments centrés sur soi, et les instruments centrés sur l'objet. Les participants syriens ont produit des dessins avec une orientation à gauche seulement pour ces deux types d'objets.

L'effet d'interaction Objet x Age est significatif, $F(12, 448) = 2.50, p < .01$. Par ailleurs, l'interaction Objet x Age x Culture est significative, $F(12, 1008) = 2.40, p < .01$. Les résultats font apparaître des différences importantes d'orientation des dessins selon la catégorie d'objets dans les deux groupes avec l'âge. Nous avons alors cherché à regarder plus précisément comment les sujets dessinaient chaque objet à l'intérieur des cinq catégories : les Véhicules (*une voiture, un avion*), les Animaux (*un poisson et un chien*), les Visages de profil (le visage d'un *monsieur*, le visage d'une *dame*), les instruments centrés sur soi (*tasse, brosse à dents*), et les instruments centrés sur l'objet (*pot à eau, hâche*). Examinons les résultats de manière plus détaillée. Nous avons réalisé une ANOVA pour chaque catégorie d'objets prise isolément, avec la Culture et l'Age comme facteurs intergroupes, la Main et les Objets comme facteurs intragroupes, en prenant les pourcentages d'orientation comme variable dépendante.

Concernant les dessins des Animaux, l'ANOVA révèle un effet significatif de l'interaction Age x Culture, $F(3, 112) = 4.65, p < .01$, et de l'interaction Age, Culture x Main, $F(3, 112) = 3.88, p <$

.01. L'effet de la Culture est significatif, $F(1, 112) = 44.19, p < .001$, mais pas celui de l'Age ($p = .24$), ni de la Main ($p = .26$). La Figure 78 illustre ces données.

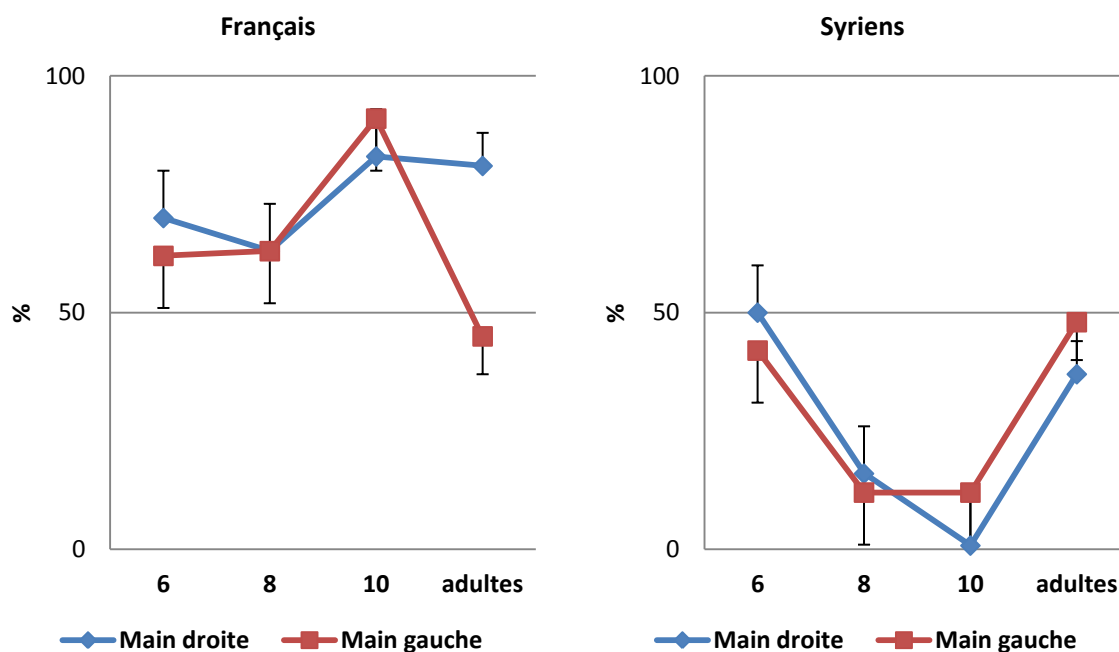


Figure 78 : Pourcentage moyen de l'orientation des animaux vers la gauche en fonction de l'Age, de la Main et de la Culture.

Les Français dessinent plus fréquemment la tête des animaux tournés à gauche (70 %) que les Syriens (28 %). Cette différence entre les deux cultures est marquée surtout à 8 et 10 ans pour les deux mains, et à l'âge adulte pour la main droite. Ce n'est d'ailleurs que chez les français adultes que l'on voit apparaître une différence entre les deux mains avec une orientation gauche pour la main droite, et une orientation plus à droite pour la main gauche.

La Figure 79 reproduit des exemples de dessins d'animaux dans les deux groupes culturels en utilisant la main droite et la main gauche.

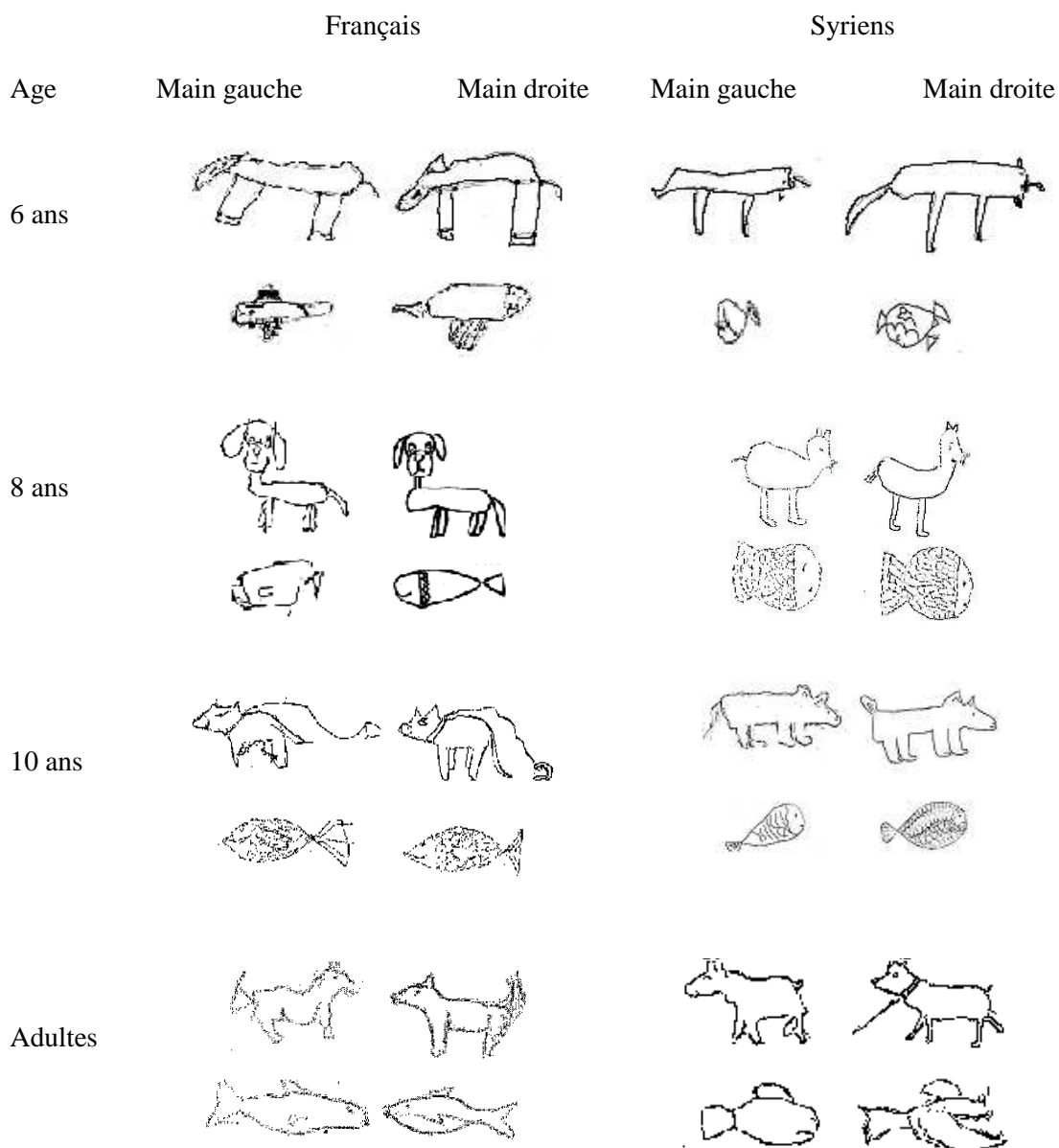


Figure 79: Exemples de dessins d'animaux par les syriens et français

Concernant les dessins des visages, l'ANOVA révèle que l'effet de la Culture est toujours significatif, $F(1, 112) = 26, p < .001$, de même que l'interaction Culture x Age, $F(3, 112) = 11.76, p < .001$. Nous ne notons pas d'effet de l'Age ($p = .14$), ni de la Main ($F < 1$). La Figure 80 illustre ces données pour l'orientation du visage vers la gauche en fonction de l'Age et de la Main dans les deux groupes culturels.

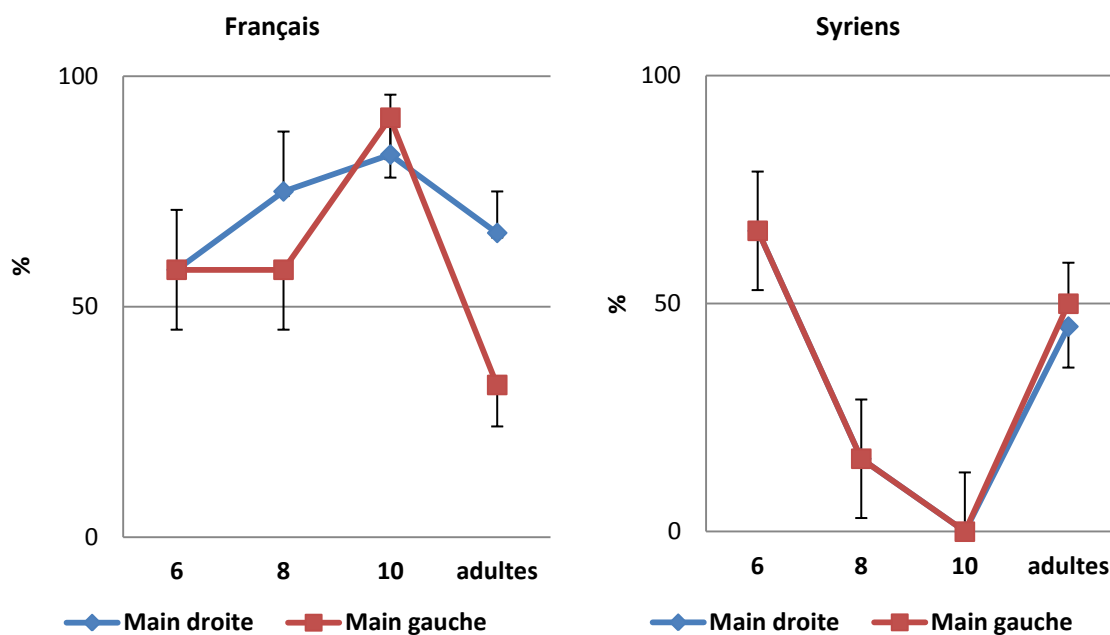


Figure 80 : Pourcentage moyen de l'orientation des dessins des visages vers la gauche en fonction de l'Age, de la Main et de la Culture.

Cette figure montre de manière très claire que la différence entre les deux cultures, indiquant une plus forte tendance des français à orienter les visages à gauche, est due uniquement aux enfants de 8 et 10 ans. Les différences entre cultures à 6 ans sont très faibles. Les enfants de 8 et 10 ans syriens montrent nettement une orientation à droite des visages, alors que ceux français de même âge les orientent fortement à gauche. Comme dans la Figure 79, les syriens font à nouveau apparaître un développement en forme de U et de U inversé pour les enfants français. La différence entre les deux mains n'apparaît que chez les adultes français qui tendent à dessiner des visages regardant à gauche de manière plus prononcée avec la main droite qu'avec la main gauche. La Figure 81 reproduit des exemples de dessins de visages dans les deux groupes culturels en utilisant la main droite et la main gauche.

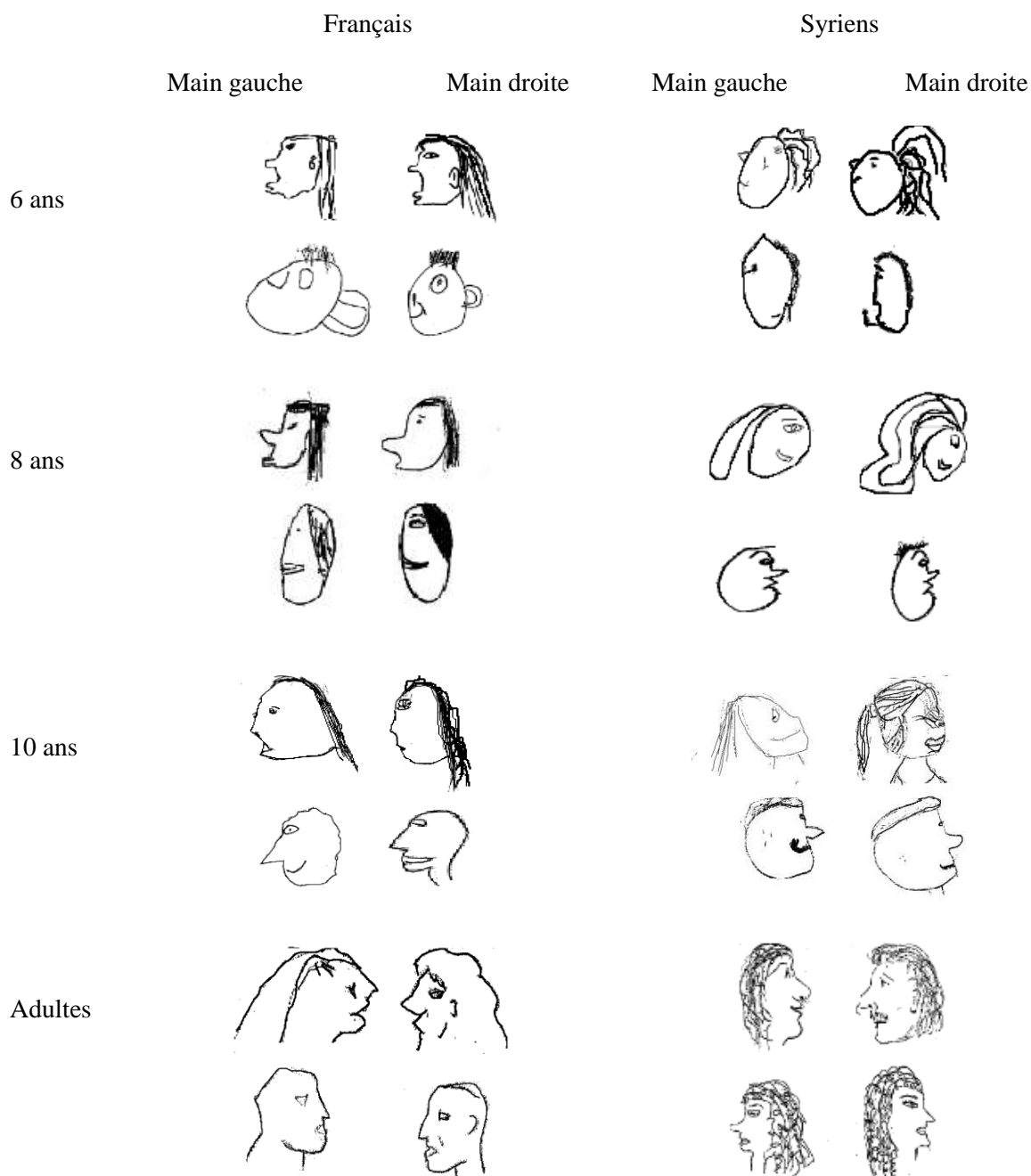


Figure 81: Exemples de dessins de visages chez les syriens et français

Pour ce qui concerne le dessin des Véhicules, l'ANOVA montre que l'effet de la Culture est significatif, $F(1, 112) = 14.93, p < .001$, ainsi que l'interaction Culture x Main, $F(1, 112) = 9.83, p < .01$. Par contre, les effets de la Main ($F < 1$), de l'Age ($F < 1$), et des interactions entre ces effets ne sont pas significatifs ($> .12$). La Figure 82 illustre les données en fonction de l'âge, de la culture, et de la main.

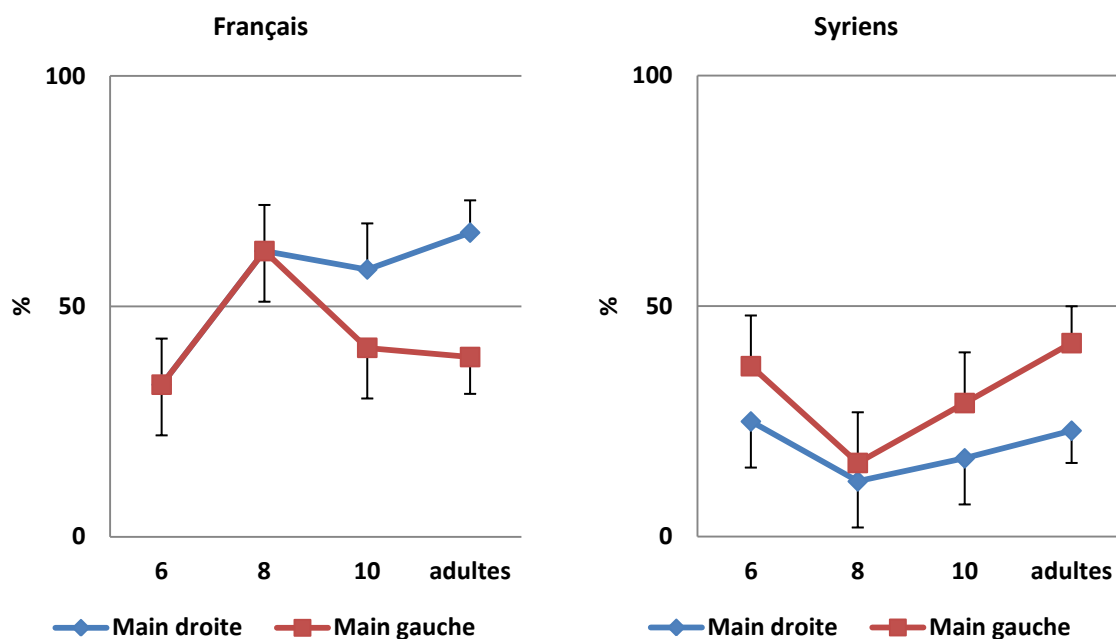


Figure 82: Pourcentage moyen de l'orientation des véhicules vers la gauche en fonction de l'Age, de la Main et de la Culture.

Si les français (49 %) orientent les véhicules plus vers la gauche que les syriens (25%), la différence est beaucoup plus faible qu'avec les autres types d'objets. Globalement, les français ne montrent pas d'orientation vers la gauche pour ces objets (en dessous de 50%). Par contre, les deux cultures se différencient par rapport aux deux mains, les syriens montrant un taux d'orientation à gauche plus important avec la main gauche qu'avec la main droite, alors que c'est l'inverse chez les français de 10 ans et adultes. On signalera également que les différences entre cultures sont pratiquement inexistantes chez les jeunes enfants de 6 ans qui tendent à orienter les véhicules à droite avec les deux mains. La Figure 83 reproduit des exemples de dessins de véhicules dans les deux groupes culturels en utilisant la main droite et la main gauche.

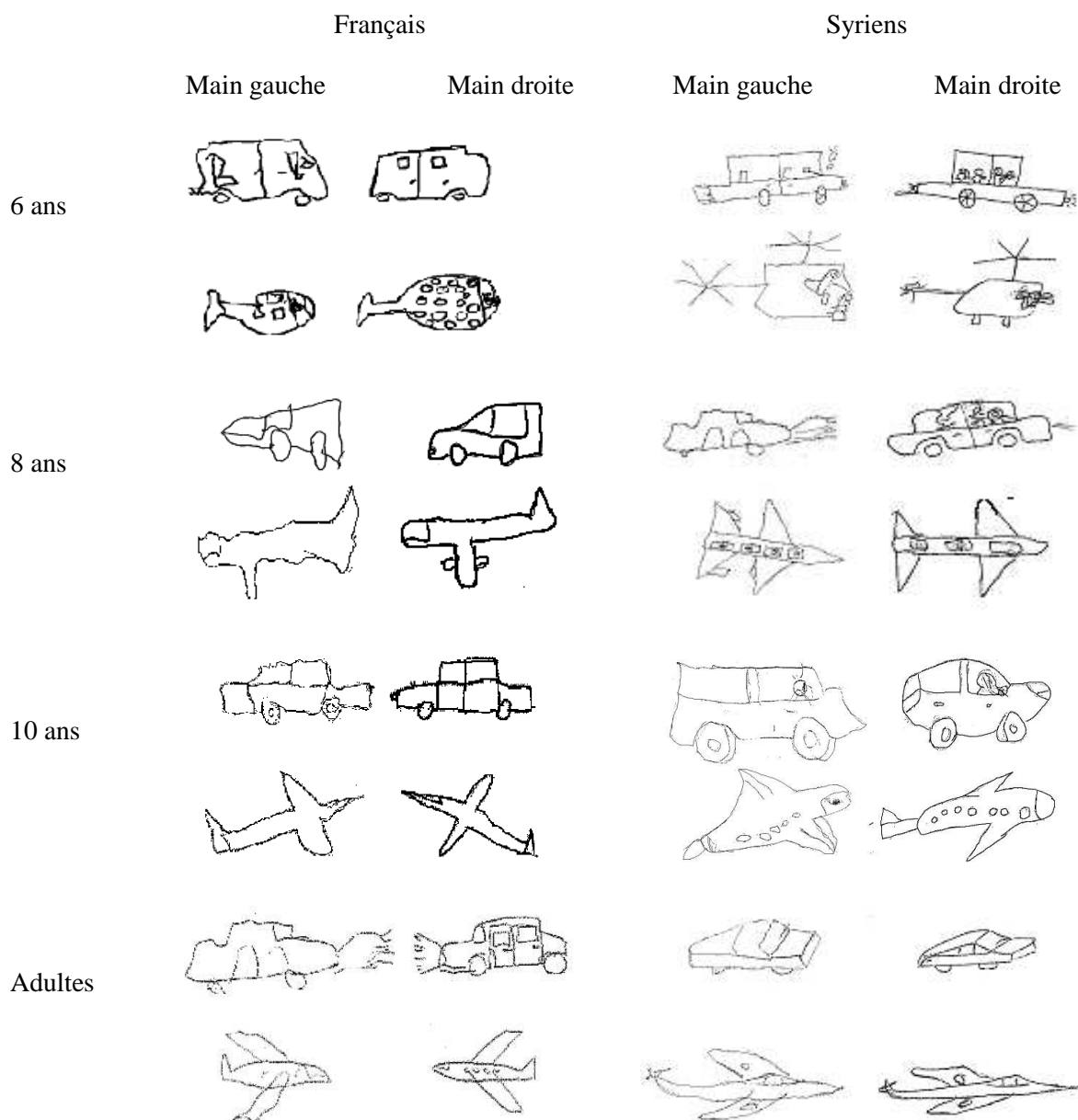


Figure 83: Exemples de dessins de véhicules chez les syriens et français

En ce qui concerne les dessins des instruments contrés sur soi, un effet significatif du facteur Main apparaît, $F(1, 112) = 10.15, p < .001$. L'interaction Age x Culture x Main est marginale, $F(3, 112) = 2.36, p = .07$. On ne note pas d'effet d'Age ($p = .17$) ni d'effet Culture ($F < 1$). La Figure 84 présente l'orientation des objets orientés vers la gauche en fonction de la main et de l'âge, chez les Français (à gauche) et chez les Syriens (à droite).

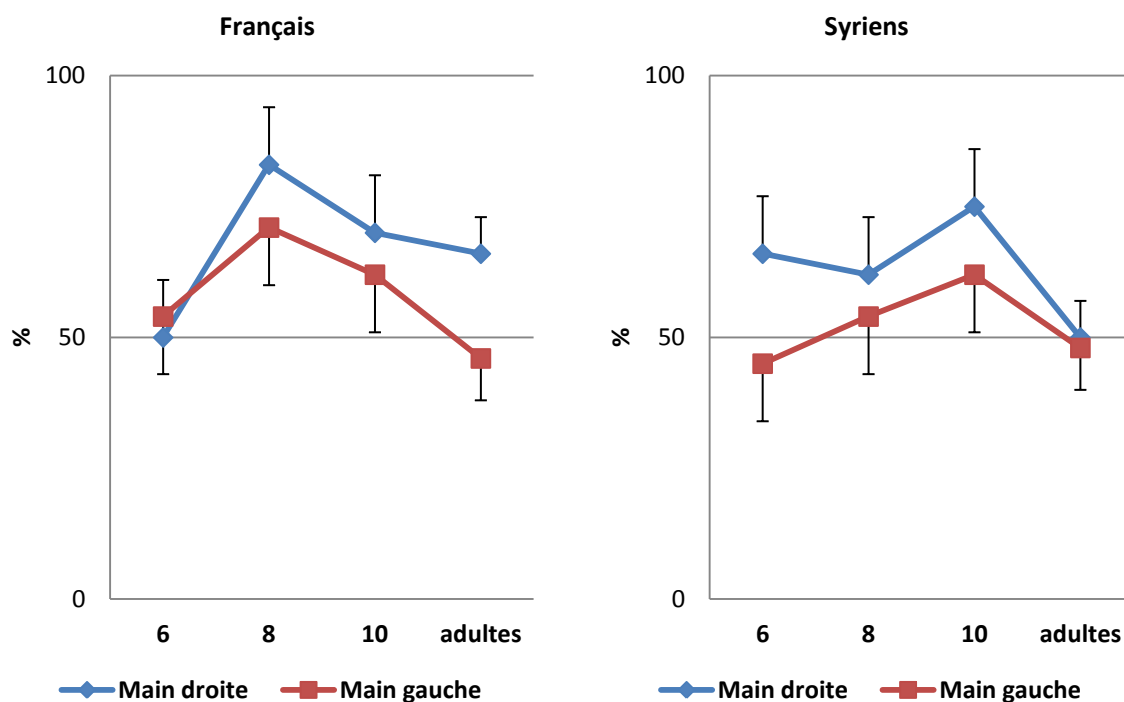


Figure 84 : Pourcentage moyen de l'orientation des instruments centrés sur soi vers la gauche en fonction de l'Age, de la Main et de la Culture.

Nous pouvons dire globalement, que le sujet dessine plus souvent la tasse et la brosse à dents orientées vers la gauche lorsqu'ils utilisent la main droite (66%) que la main gauche (55%). Cet effet se retrouve dans les deux groupes culturels. La différence entre les deux mains est plus importante chez les adultes français et les enfants de 6 ans syriens, ils tendent à dessiner les instruments centrés sur soi regardant à gauche de manière plus prononcée avec la main droite qu'avec la main gauche. Par contre, les adultes syriens et les enfants français de 6 ans ne se différencient pas par rapport à la main utilisée. La Figure 85 reproduit des exemples de dessins des instruments centrés sur soi dans les deux groupes culturels en utilisant la main droite et la main gauche.

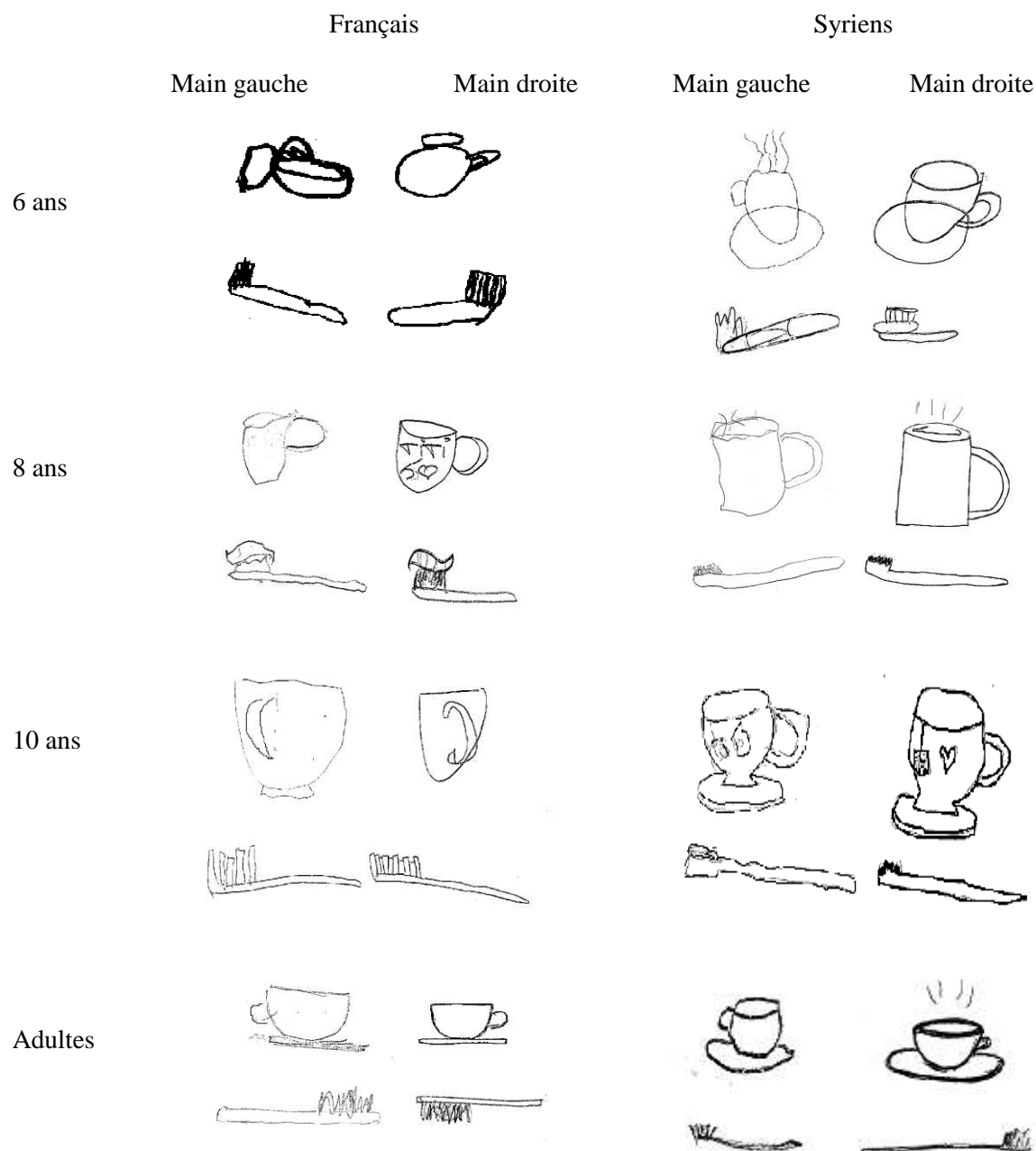


Figure 85: Exemples de dessins des instruments centrés sur soi chez les syriens et français

Finissons avec la catégorie des instruments centrés sur l'objet, contenant le pot à eau et la hache. L'ANOVA révèle un effet significatif de la Culture, $F(1, 112) = 9.95, p < .01$. Une interaction entre Culture et Main apparaît marginalement significative, $F(1, 112) = 3.08, p = .06$. Aucun effet de Main ($p = .15$), ni d'effet Age ($p = .38$) n'apparaissent. La Figure 86 illustre ces données.

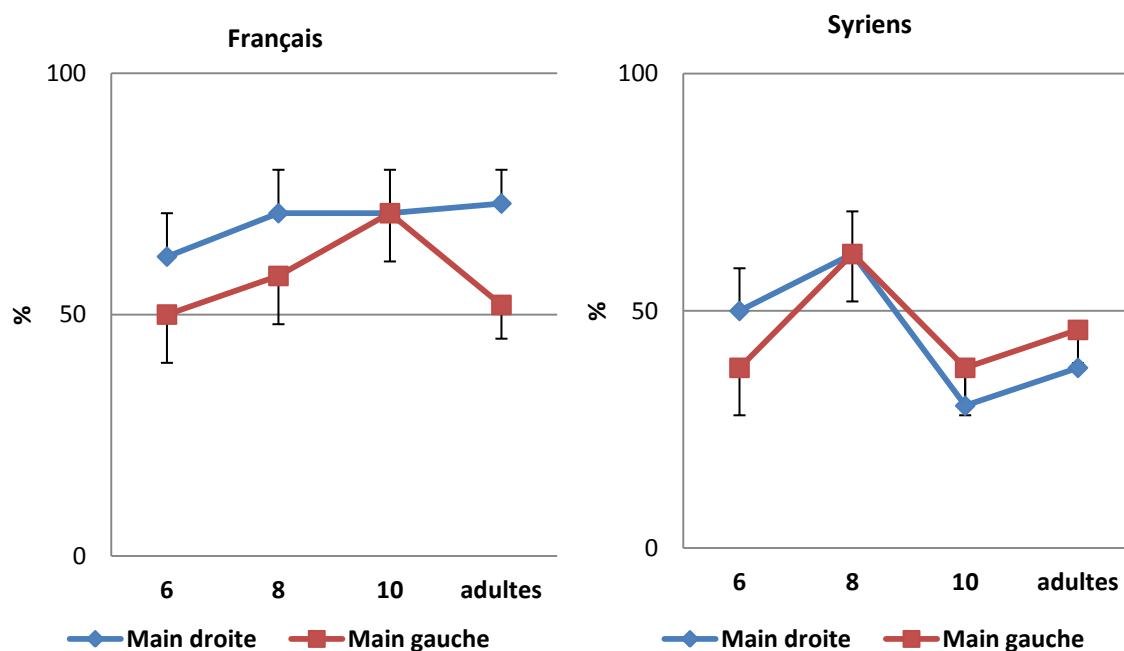


Figure 86 : Pourcentage moyen de l'orientation des instruments centrés sur l'objet vers la gauche en fonction de l'Age, de la Main et de la Culture.

Globalement, le nombre moyen d'instruments centrés sur l'objet orientés vers la gauche est plus important chez les français (63%) que les syriens (45%). L'effet de Main se montre significatif chez les français $F(1, 56) = 6.63, p < .01$, pour lesquels l'orientation des objets avec le manche à gauche est plus marquée avec la main droite (69%) qu'avec la main gauche (58%). Par contre, cet effet de Main n'est pas significatif chez les syriens ($F < 1$), les dessins des instruments centrés sur l'objet ne présentant pas en conséquence de biais directionnel privilégié chez les syriens. Aucun autre effet n'est significatif. La Figure 87 reproduit des exemples de dessins des instruments centrés sur l'objet dans les deux groupes culturels en utilisant la main droite et la main gauche.

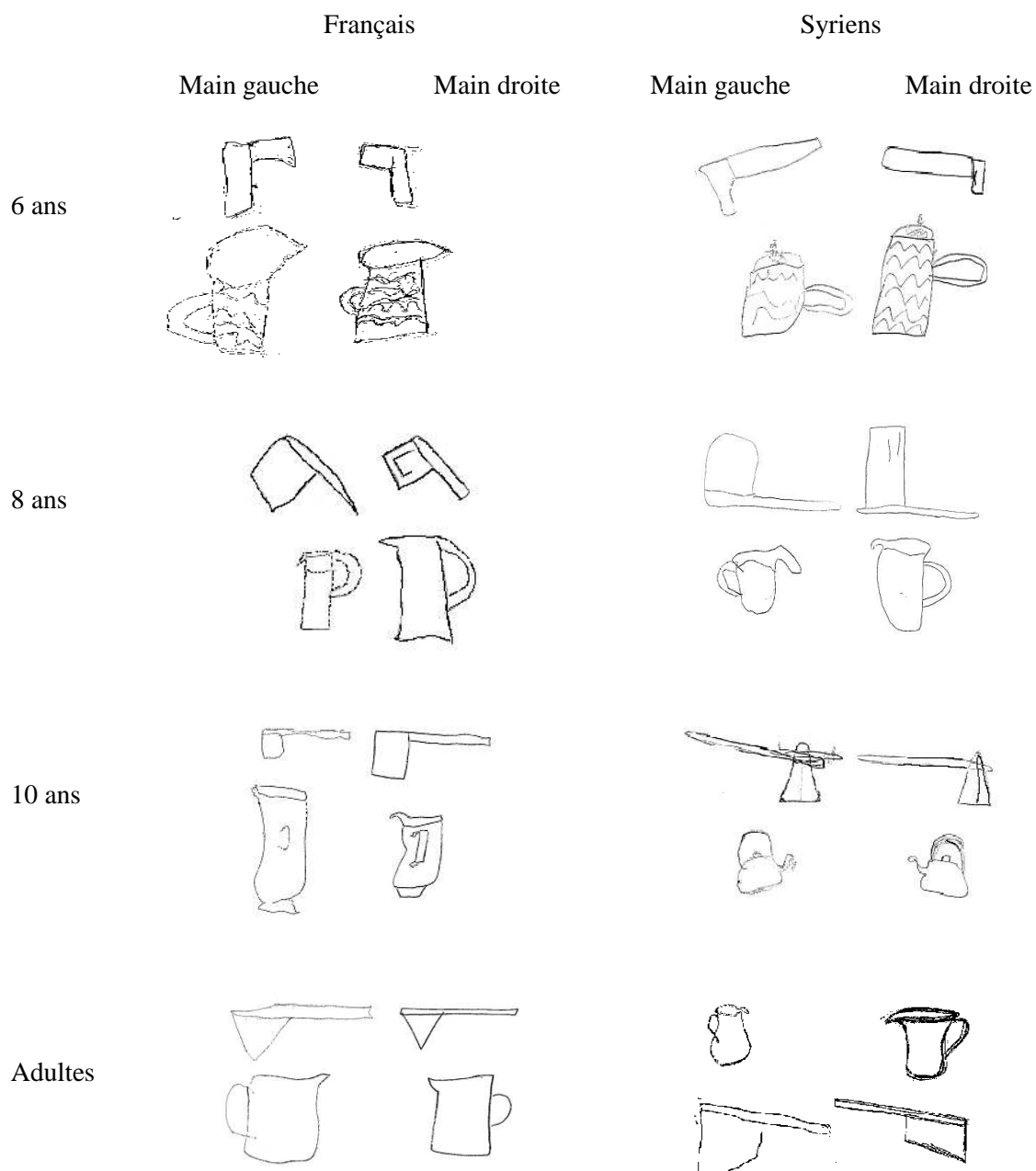


Figure 87: Exemples des dessins des instruments centrés sur l'objet chez les syriens et français

Discussion

Dans cette étude, nous nous sommes intéressées à l'orientation des dessins chez des enfants de 6, 8, 10 ans et des adultes qui divergent en fonction de la culture (Français et Syriens). L'objectif de l'étude était d'évaluer, dans une tâche de dessins de profil, l'impact que pouvaient avoir les habitudes

culturelles et les contraintes biomécaniques sur l'orientation canonique des dessins. Nous avons formulé l'hypothèse d'un effet du sens de lecture et d'écriture, d'un effet de contraintes biomécaniques, et de l'objet dessiné sur l'orientation graphique. Nos résultats confirment en partie ces hypothèses.

En accord avec Vaid et ses collègues (Vaid, 1995, 2011; Vaid et coll., 2002), notre étude révèle que la directionnalité de dessins de profil est influencée par le sens de lecture et d'écriture. L'effet Culture s'est en effet avéré toujours significatif dans notre étude. Lorsque la tâche est réalisée avec la main droite, les participants français présentent un biais vers la gauche, tandis que les syriens montrent un biais vers la droite. Ce résultat est cohérent avec les conclusions révélées dans les études interculturelles qui ont examiné des jugements esthétiques chez les adultes quant à l'orientation de dessins d'objets familiers ou de scènes. Des préférences esthétiques opposées ont été rapportées chez les individus qui utilisent des systèmes opposés d'écriture et de lecture (Chokron & d'Agostini, 2000 ; Nachshon, Argaman, & Luria, 1999 ; De Agostini et al., 2010). Plus généralement, les influences culturelles liées à la direction des habitudes de balayage visuel ont été notées dans diverses tâches non-linguistiques, qu'ils impliquent les processus perceptifs, moteurs ou de mémoire (e.g. Fagard & Dahmen, 2003; Nachshon, 1985; Singh, Viad, & Sakhuja, 2000). Cela indique que le biais directionnel dans les dessins d'objets de profil ne peut être conçu seulement comme un indicateur d'organisation cérébrale lié à la spécialisation hémisphérique, mais qu'il est multidéterminé, comme argumenté par Vaid (2011). Il serait important de confirmer ce résultat avec les gauchers des deux cultures : Considérant que les gauchers occidentaux présentent un biais vers la gauche plus faible que les droitiers occidentaux, nous pourrions prévoir moins de différences culturelles entre les gauchers qu'entre les droitiers. Notant que contrairement à De Agostini et al. (2010) dans une étude de préférences esthétiques visuelles, nous avons omis de signaler toute différence entre les sexes significative de biais directionnel, ce qui contribue également à réduire l'importance des influences biologiques sur la directionnalité dans le dessin. Toutefois, le nombre de groupes féminins et masculins par âge et culturel dans notre étude était faible. Des recherches supplémentaires sont certainement nécessaires pour rendre cette question plus claire.

Comme ces tendances directionnelles dans le dessin sont liées aux habitudes de lecture et d'écriture, elles devraient augmenter avec l'âge, au moins pendant la période où l'instruction formelle est massivement livrée aux enfants. C'est exactement ce que nos résultats ont révélé. L'évolution avec l'âge de l'orientation canonique des objets est marquée dans les deux groupes culturels. Les enfants français ont une tendance à dessiner le profil de plus en plus vers la gauche avec l'âge, (De Agostini & Chokron, 2002 ; Taguchi & Noma, 2005 ; Picard, 2011). Le comportement de dessin des enfants de 6 ans ne semble pas influencé par la culture, et ces enfants ne présentent pas de biais directionnel significatif, comparativement aux enfants plus âgés ou adultes. Le biais directionnel dans les dessins de profil d'objets familiers émerge entre l'âge de 6 et 8 ans quelle que soit la main utilisée dans les deux groupes culturels. Les fréquences d'orientation des dessins à droite chez les syriens et à gauche

chez les français sont plus importantes à l'âge de 8 et de 10 ans qu'à l'âge de 6 ans, c'est-à-dire aux âges où la pratique de la lecture et de l'écriture est affirmée. Ce résultat confirme celui de Vaid (1995) selon lequel, les participants Indis et Urdus âgés entre 9 et 13 ans orientent différemment leurs dessins en fonction de leurs habitudes culturelles de lecture et d'écriture. En revanche, nous n'avons pas retrouvé la conclusion de Jensen (1952) et de Shanon (1979) suggérant que l'orientation du dessin à gauche n'est pas déterminée par les habitudes de lecture et d'écriture, et que les enfants produisent des visages de profil en regardant vers la gauche quelle que soit la culture, ni les résultats de De Agostini et Chokron (2002) rapportant que les enfants occidentaux âgés entre 7 et 10 ans dessinent des visages de profils orientés vers la droite.

La différence entre les deux cultures apparaît plutôt à l'âge scolaire. Cependant, il peut être intéressant de souligner que les adultes syriens orientent leurs dessins vers la gauche moins souvent que les enfants syriens de 10 ans lorsqu'ils ont réalisé la tâche avec la main dominante (droite). Cela pourrait être en raison de leur exposition réduite à des activités de lecture et d'écriture par rapport aux enfants scolarisés. Il convient de rappeler que ces adultes n'étaient pas des étudiants. Ceci suggère que la facilité biomécanique de l'orientation de gauche à droite pour la main droite peut encore neutraliser des influences culturelles quand elles déclinent en fonction des activités quotidiennes du sujet.

De façon intéressante, nos résultats ont montré que le biais directionnel dans les dessins réalisés par les enfants n'a pas été affecté par la main utilisée pour dessiner. Des résultats similaires ont trouvé par Vaid et Chen (2009, cité par Vaid 2011). L'absence d'effet de dominance manuelle chez les enfants quelle que soit leur culture, même à l'âge de 10 ans, jette quelques doutes sur l'hypothèse que les contraintes biomécaniques, liées aux mouvements d'extension vers l'extérieur et de fléchissement vers l'intérieur agissent comme un déterminant majeur de la directionnalité des objets dessinés de profil. Cependant, nos résultats montrent que ce facteur biomécanique est intervenu chez les adultes. En effet, l'analyse de la congruence manuelle fournit des résultats proches de ceux rapportés par Braswell et Rosengren (2002) dans une tâche de reproduction de formes géométriques. Les adultes étaient beaucoup plus prédisposés aux influences de contraintes biomécaniques que les enfants. Dans environ de 40% des cas, les adultes syriens et français ont inversé l'orientation de leurs dessins en fonction de la main utilisée, tandis que les enfants syriens et français ont eu tendance à garder le même sens d'orientation de leurs dessins quelle que soit la main utilisée. Ce résultat confirme certaines données dans la littérature (Vinter, 1994, 1999). Braswell et Rosengren (2002) ont suggéré que les facteurs cognitifs exercent une influence sur le comportement du dessin plus forte que les contraintes biomécaniques pendant l'enfance.

Pour esquisser les différents objets familiers que les participants devaient produire dans notre tâche, il est probable qu'ils « lisaient » des schémas graphiques associés à leurs représentations mentales internes des objets, relatives à la manière ils se tiendraient dans l'espace devant eux (Van Sommers, 1984). Ces représentations mentales sont souvent décrites comme des représentations

canoniques (Freeman, 1980), car elles contiennent à la fois les caractéristiques prototypiques qui permettent d'identifier les objets et comment ces caractéristiques sont orientées dans l'espace. Les enfants montreraient moins de flexibilité que les adultes dans l'utilisation de ces représentations mentales, ainsi que moins de flexibilité dans leurs procédures graphiques (Picard & Vinter, 2007; Vinter & Marot, 2007), ce qui réduit le rôle de contraintes biomécaniques sur les procédures de dessin de profil. La plus grande flexibilité des adultes leur permettrait de profiter des avantages de facilité motrice liée aux mouvements de l'exécution vers l'extérieur pour chaque main.

Nous avons également constaté que l'impact de la main utilisée était plus élevé chez les adultes français que les syriens, et que les deux groupes produisent leurs dessins de façon assez semblable lorsqu'ils ont utilisé la main gauche. Les différences de biais directionnels chez les adultes ont été trouvées dans les dessins réalisés avec leur main dominante droite, et non avec la main non dominante. Ces résultats sont similaires à la récente étude de Taguchi (2010) comparant des adultes japonais et allemands sur la production de mouvements circulaires, et ils illustrent bien l'interaction entre la culture et les effets biomécaniques chez les adultes. La façon dont les adultes syriens dessinent les objets en tournant vers la droite avec leur main droite a été cruciale pour mettre en évidence l'impact culturel de la lecture et les habitudes d'écriture, alors que comment les adultes français ont orienté les dessins d'objets vers la droite avec leur main gauche étaient cruciaux pour montrer l'influence du facteur biomécanique.

Enfin, les participants syriens ont montré un biais à gauche, comme les sujets français, dans le dessin des outils centrés sur soi (la tasse, la brosse à dents) quand ils ont utilisé leur main droite, et ils ne s'écartent pas des participants français pour le dessin des instruments centrés sur l'objet (le pot à eau, la hache). Ce résultat est congruent avec l'effet de « direct handedness » mentionné par Karev (1999) au moins pour ce qui concerne les objets centrés sur soi, ce résultat est similaire à celui de Viggiano et Vannucci (2002) rapportant que l'effet de latéralité est plus noté dans les dessins d'objets centrés sur soi que d'objets centrés sur objet. L'effet de « direct handedness » a été observé indépendamment de l'âge dans les deux groupes culturels. D'une façon intéressante, contrairement à la performance rapportée chez les adultes gauchers (Karev, 1999; Martin & Jones, 1999), nos participants n'ont pas inversé l'orientation de ces objets lorsqu'ils ont utilisé la main gauche (non-dominante). Plutôt, comme constaté chez les individus syriens, ces objets sont restés plus souvent représentés tournés vers la gauche.

L'effet de « direct handedness » dans le dessin peut être interprété comme indiquant que la représentation canonique d'un objet utilisée par les individus pour le dessin contient des propriétés sensori-motrices qui précisent l'orientation des caractéristiques pertinentes de l'objet pour faciliter leurs actions ; par exemple, l'anse d'une tasse sur la droite pour les droitiers, peut faciliter la préhension (Karev, 1999; Martin & Jones, 1999; van Sommers, 1984). Cette représentation serait progressivement établie sur la base des occasions multiples dans lesquelles l'individu est amené à

saisir l'objet. Les droitiers ont seulement quelques expériences pour saisir un objet tel qu'une tasse avec la main gauche. Nos résultats suggèrent que mettre à jour immédiatement « en ligne » cette représentation canonique sensori-motrice n'est pas probable. D'autres expériences avec les gauchers des deux cultures en dessinant avec leur main droite et gauche les outils centrés sur l'objet et les outils centrés sur soi permettraient de fournir un soutien à ce point de vue.

En ce qui concerne les autres types d'objets, la différence entre les deux cultures apparaît clairement dans les dessins des animaux, des véhicules, et de même dans les dessins des visages. En fonction du principe de progression du centre vers périphérie (the core to periphery progression principle) décrit par Van Sommers (1984) les sujets tendent à dessiner en premier les éléments génériques de l'objet (la tête est dessinée en premier pour un animal). Comme les deux groupes ont des habitudes culturelles opposées, les sujets français débutent plus souvent leurs dessins par l'élément central en progressant de gauche à droite, alors que c'est l'inverse pour les syriens qui partent de droite à gauche. Ce serait la raison pour laquelle on trouve les dessins des français tournés à gauche et à droite chez les syriens.

Nous avons partiellement répliqué les résultats de Viggiano et Vannucci (2002), le chien (animal) a été souvent dessiné en regardant vers la gauche dans le groupe français, la voiture et l'avion (véhicules) ont été les plus souvent orientés vers la droite dans le groupe syrien. Cependant, ces catégories d'objets ne s'écartent pas significativement des autres dans notre expérience. Mais il est intéressant de souligner que l'expérience actuelle ne peut être facilement comparée à l'étude de Viggiano et Vannucci, en raison de plusieurs différences méthodologiques importantes : par exemple, l'énorme différence dans le nombre de dessins réalisés par les participants dans les deux études (246 dessins dans l'étude de Viggiano et Vannucci, et 20 dessins dans la présente recherche).

En conclusion, l'ensemble de ces résultats montre que la directionnalité de l'orientation des objets dessinés semble être une fonction complexe des habitudes de lecture et d'écriture, de la main utilisée, de l'âge du sujet, de la nature de l'objet représenté, ainsi que la latéralité comme indiqué par d'autres études dans la littérature. Ceci suggère que la directionnalité dans le dessin de profil est liée à l'intégration perceptivo-motrice, sensible aux effets culturels induits par le sens de balayage visuel (lecture) et le sens d'écriture, et probablement caractérise la représentation mentale canonique utilisée par les sujets pour dessiner l'objet.

Dans le chapitre suivant, nous souhaitons voir l'impact des facteurs culture et contraintes biomécaniques lorsque l'enfant est obligé d'emprunter une direction précise dans deux types de tâches papier-crayon. Cette procédure nous permettra d'affiner nos conclusions concernant l'impact de ce conflit sur la directionnalité des mouvements.

Chapitre 5: Examiner la tâche de remplissage de points et la tâche de barrage chez l'enfant

Introduction

Les résultats des chapitres précédents montrent que la directionnalité dépend à la fois des contraintes biomécaniques liées aux mouvements d'extension vers l'extérieur et des habitudes culturelles liées à l'acquisition de la lecture et l'écriture. Par ailleurs, ces tendances directionnelles se renforcent avec l'âge. Ces résultats nous ont conduit à inclure un facteur supplémentaire dans la dernière expérience présentée : l'effet de la rapidité du déplacement manuel lorsque le sujet est obligé d'emprunter une direction précise. Pour ce faire, nous avons sélectionné la tâche de remplissage de points (dot-filling) et le test de barrage. A nouveau, des enfants français et syriens ont été testés en utilisant la main droite et la main gauche pour réaliser la tâche. Nous comparons le temps de passage de chaque main en fonction de la direction gauche-droite ou droite-gauche imposée pour réaliser la tâche. Les performances sont chronométrées. L'habileté manuelle est estimée par la vitesse et la précision des performances.

Certains travaux soulignent l'influence des habitudes culturelles de lecture et d'écriture sur la direction choisie pour traiter l'information visuelle et pour réaliser certaines activités motrices (Hebb, 1949 ; Elkind & Weiss, 1967 ; Akthar, 1973 ; Shimrat, 1973 ; Nachson et al, 1977 ; Vaid, 1959). Par ailleurs, plusieurs études montrent l'influence des contraintes biomécaniques sur la directionnalité des mouvements. Les mouvements d'extension vers l'extérieur sont considérés plus flexibles, plus rapides, plus précis et moins fatigants que les mouvements de tension vers l'intérieur (Hildreth, 1949 ; Reed & Smith, 1961 ; Shanon, 1979 ; Tan, 1982 ; Van Sommers, 1984, 1991 ; Abu-Arabe & Dobrotka, 1985 ; Braswell & Rosengren, 2002).

Diverses études ont évalué la performance manuelle en mesurant la différence de vitesse entre les deux mains dans une tâche donnée. Dans le test de déplacement de chevilles (peg-moving), Annett, Hudson et Turner (1979) rapportent que la main préférée effectue la tâche demandée en moins de temps que la main non dominante. Lors de ces expériences, la main préférée atteint directement la cible dans 71% du temps alloué, alors que la main non préférée l'atteint seulement dans 60% du temps. L'étude d'Abu-Arab et Dobrotka (1985) basée sur une tâche de copie de texte, révèle un temps significativement plus important et un plus grand nombre d'erreurs dans la copie de texte avec la main non dominante que dans la copie du même texte avec la main dominante.

Vaid (1998), a appliqué un test de remplissage de points avec des sujets arabes, gauchers et droitiers. Ce test est adapté du subtest Dot Tapping de « Harris Test of Lateral Dominance » (1955). Il contient 8 rectangles allongés subdivisés en 20 carrés. Le sujet doit inscrire un point dans chaque carré le plus rapidement possible, en allant vers la gauche ou vers la droite, avec la main dominante et non dominante. Vaid rapporte que les sujets inscrivent plus rapidement les points avec la main dominante (droite) qu'avec la main non-dominante (gauche), et décrit un biais directionnel de droite à gauche, car les performances des deux mains sont plus rapides dans la direction droite-gauche que dans la direction opposée. La supériorité des performances dans la direction droite-gauche apparaît toutefois plus claire lorsque le sujet utilise la main gauche que la main droite. Vaid suggère que l'influence des habitudes d'écriture rend compte de ces résultats, et que cet effet culturel se renforce lorsque le sujet utilise sa main non-dominante gauche.

Au niveau interculturel, Fagard et Dahmen (2003) ont comparé les performances des enfants français et tunisiens, âgés de 5, 7 et 9 ans, dans une tâche de remplissage de points (dot-filling). Les sujets ont effectué la tâche deux fois avec chaque main, de droite à gauche avec la main droite et de gauche à droite avec la main gauche. Ces auteurs montrent que l'enfant français remplit plus de points en trente secondes que les enfants tunisiens, et que dans les deux groupes, le nombre de cercles remplis augmente avec l'âge. Par ailleurs, les droitiers français et tunisiens remplissent plus de points en trente secondes avec leur main droite qu'avec leur main gauche. Ces auteurs observent une interaction entre la main utilisée et la direction utilisée dans la tâche, cette interaction agissant différemment pour les deux groupes. En utilisant la main droite, les français remplissent plus de cercles en trente secondes lors du passage de gauche à droite que de droite à gauche. Il n'y avait par contre pas de différence de performance entre ces deux directions chez les tunisiens dans la même condition. Avec la main gauche, aucune différence entre les deux directions apparaît chez les français, alors que les tunisiens font plus de points en trente secondes en allant de droite à gauche que de gauche à droite.

Conformément aux études relatives, nous nous attendons à ce que les enfants syriens réalisent les deux tests dans le sens droite-gauche plus rapidement et avec moins d'erreurs que les français, qui devraient, à l'opposé, être plus performants dans la direction gauche-droite que les syriens. D'autre part, nous anticipons que les enfants réalisent les tâches plus rapidement et plus correctement avec la main dominante qu'avec la main non dominante. Les mouvements d'extension vers l'extérieur devraient être toutefois facilitateurs dans les deux groupes de sujets avec les deux mains. Enfin, conformément à nos résultats obtenus dans les expériences précédentes, on prédit que les différences de performance entre les deux groupes seront plus importantes pour la main droite qu'avec la main gauche.

Tâche de Remplissage des points

Le test de remplissage de points a été utilisé pour évaluer la relation entre la préférence manuelle et la performance motrice chez le sujet (Stott, Moyes & Henderson, 1972; Tapley & Bryden, 1985 ; Bryden, Singh, Steenhuis, & Clarson, 1994).

La tâche de Tapley et Bryden (1985) est la plus utilisée des tâches « papier-crayon ». Elle consiste à pointer avec un crayon dans des cercles de 5 mm de diamètre alignés sur une feuille de papier. L'expérimentateur demande au sujet d'aller le plus vite possible et compare le nombre de points faits en 30 secondes avec l'une ou l'autre main. Selon ces auteurs, le test dot-filling s'est avéré être un test fiable et corrèle significativement avec les mesures de préférence manuelle.

Dans notre étude, nous avons compté le nombre de points et avons chronométré le temps de chaque passation. Nous comparerons le temps de passage pour chaque main en fonction de la direction des mouvements gauche-droite et droite-gauche. Comparativement aux études de Vaid (1998) et de Fagard et Dahmen (2003), les performances sont analysées avec une mesure temporelle (temps des mouvements), et nous avons ajouté une mesure de précision, en comptabilisant les erreurs produites par le sujet au cours du test.

Méthode

Sujets :

Cette étude a été menée auprès de 48 enfants français et 48 enfants syriens, âgés de 4, 6, 8, et 10 ans, répartis en deux groupes selon leur culture. Les enfants français sont tous de langue maternelle française et vivent en France. Les enfants syriens sont tous de langue maternelle arabe et vivent en Syrie. Le groupe syrien comprend des personnes qui ont été le moins possible confrontées à des habitudes de lecture et d'écriture occidentale. Les enfants français étaient scolarisés en moyenne section et CP, CE2, et CM2. Similairement les syriens étaient scolarisés en moyenne section de maternelle, de la 1^{ère}, 3^{ème}, 5^{ème}, classe de l'école primaire. Tous les enfants sont droitiers, cette latéralité a rapidement été vérifiée avec trois items discriminatifs : la tenue de stylo pour écrire ou dessiner, la tenue d'un marteau pour taper, la tenue de ciseaux. Le tableau 9 ci-dessous résume les principales caractéristiques des groupes d'enfants.

Tableau 9 : Nombre de sujets et âge moyen pour chaque groupe expérimental

	Groupe français		Groupes syriens	
	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart type)	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart type)
4 ans	12 (6)	4,6 (2,5)	12 (6)	4,5 (3.07)
6 ans	12 (6)	6,7 (2,5)	12 (6)	6,5 (3.46)
8 ans	12 (6)	8,5 (3.88)	12 (6)	8,4 (3.06)
10 ans	12 (6)	10.5 (3.5)	12 (6)	10,4 (2.94)
Total	48		48	

Matériel :

Le matériel à la possession de l'observateur était constitué d'un chronomètre et d'une feuille de notation où ont été reportées les informations sur le sujet, tels que son nom, prénom, âge, sexe, nationalité, langue maternelle et latéralité, avec un tableau pour noter le temps d'exécution de la tâche pour chaque main utilisée en fonction de la direction de remplissage des points (gauche à droite/ droite à gauche). Le matériel fourni à l'enfant était constitué d'un crayon et d'une feuille sur laquelle se trouve un tableau de 9 lignes et 30 colonnes. Les dimensions de chaque cadre du tableau sont les mêmes (0.8 x 1.5 cm).

Procédure :

L'enfant était assis à une table sur laquelle la feuille de protocole était installée verticalement. L'expérimentateur se tenait à une distance qui ne gênait pas la liberté des mouvements de l'enfant. Nous lui expliquions alors la tâche, selon la consigne suivante :

« Je te demande de mettre un point au centre de chaque cadre, ligne par ligne, le plus rapidement possible. Tu vas faire cela avec la main droite et la main gauche dans un sens et dans l'autre. Tu

commenceras quand je te le demanderai et à la fin de la première ligne, tu devras t'arrêter et attendre que je te dise comment continuer». Après s'être assuré que l'enfant a bien compris la tâche, on lui donnait la consigne suivante par exemple :

« On commence maintenant par la première ligne avec la main droite (gauche), et tu vas commencer par là » et on indiquait le point de départ avec le doigt.

Les sujets devaient réaliser la tâche ligne par ligne, deux fois de droite à gauche et deux fois de gauche à droite pour chaque main utilisée. L'ordre de la direction de tâche ainsi l'utilisation de chaque main était aléatoire. Si le sujet se trompe, il n'a pas le droit de corriger, mais nous n'avons pas insisté sur cette condition, afin de ne pas affaiblir la vitesse d'exécution. Nous avons chronométré le temps mis par le sujet pour remplir une ligne.

Codage des données :

Nous avons calculé le temps de remplissage moyen en seconde pour chaque direction exécutée en utilisant la main droite et la main gauche. Nous avons aussi calculé les erreurs produites par l'enfant. Trois types d'erreurs ont été relevés ; 1 : le point n'est pas situé dans le cadre, 2 : le sujet met plus d'un point dans un cadre, 3 : le sujet ne met aucun point. Les résultats ont été analysés en termes de rapidité des mouvements, ainsi qu'en termes d'erreurs de remplissage. Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture (Français, Syriens) et l'Age (4, 6, 8, et 10 ans) comme facteurs intergroupes, la Main (droite, gauche) et la Direction de tâche (droite à gauche, gauche à droite) comme facteurs intragroupes.

Résultats

- Analyse en terme de rapidité d'exécution de la tâche :

Quand les résultats sont analysés en terme de rapidité *d'exécution* des mouvements, l'ANOVA révèle un effet significatif du facteur Culture, $F(1, 88) = 17.46, p < .001$, de l'effet Age, $F(3,88) = 62.85, p < .001$, Main, $F(1, 88) = 135.96, p < .001$, et de l'interaction Culture x Age, $F(3,88) = 5.23, p < .01$. L'interaction Age x Main est juste significative, $F(3,88) = 2.62, p = .05$. Toutefois, l'interaction entre Age x Main x Culture n'est pas significative ($F < 1$). La Figure 88 rapporte l'évolution avec

l'âge des performances en secondes en fonction de la main chez les enfants Français (à gauche) et chez les enfants syriens (à droite).

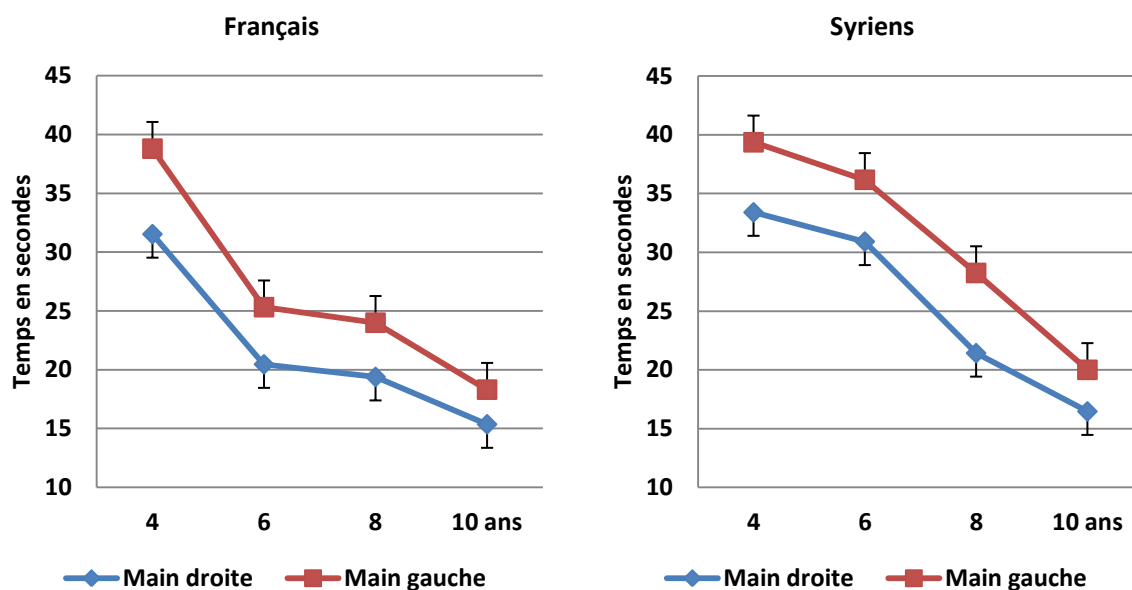


Figure 88: Evolution de temps de remplissage des points avec l'Age en fonction de la main chez les syriens et les français.

Globalement, les enfants français ($M = 24.17$ sec) réalisent plus rapidement la tâche que les syriens ($M = 28.24$ sec). Le temps nécessaire pour remplir les points diminue avec l'âge dans les deux groupes. La diminution du temps avec l'âge semble plus progressive entre les groupes d'âge chez les syriens que les français. Chez les français, on remarque une forte baisse entre 4 et 6 ans (un test post-hoc de Scheffé atteste de la significativité de cette différence, $p < .01$) puis une stabilité entre 6 et 8 ans ($p > .60$ avec un test post-hoc de Scheffé). Chez les syriens les différences entre 4 ans et 8 ans, puis entre 8 ans et 10 ans, sont significatives (test post-hoc de Scheffé, $< .05$). L'interaction entre l'Age et la Culture montre que les syriens prennent plus de temps à réaliser la tâche que les français aux jeunes âges, alors que les performances deviennent identiques à 10 ans. Plus précisément, des tests post-hoc (Scheffé) indiquent que les enfants de 6 ans se différencient significativement par rapport à la culture, les français étant plus rapides que les syriens ($p < .01$). Les enfants remplissent plus rapidement les points lorsqu'ils utilisent la main droite ($M = 23.62$ sec) que la main gauche ($M = 28.80$ sec). Cette divergence entre les deux mains est un peu plus importante à l'âge de 4 ans qu'à 10 ans.

L'effet de la Direction de tâche interagit significativement avec la Culture, $F(1, 88) = 6.33$ $p < .01$, et avec la Main, $F(1, 88) = 9.28$, $p < .01$. Par contre, on ne note d'effet de la Direction comme effet simple ($p = .28$) ni d'effet de l'interaction entre Culture, Main, et Direction ($F < 1$). La Figure 89

présente le temps de remplissage de points chez les français (à gauche) et les syriens (à droite) pour chaque direction effectuée.

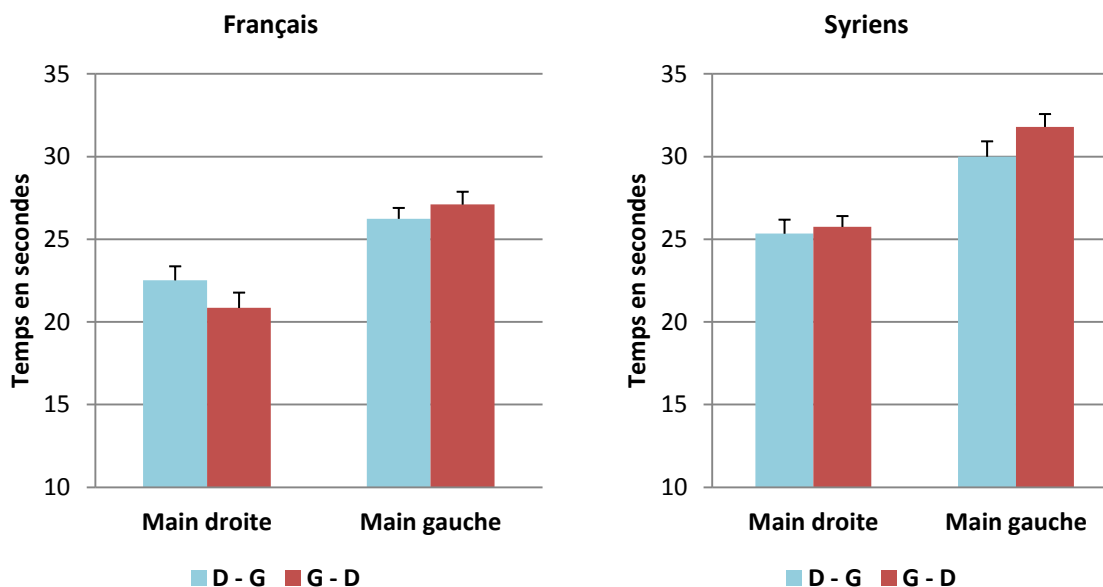


Figure 89 : Temps de performance selon la Main et la Direction de tâche chez les syriens et les français.

Globalement, les syriens prennent plus de temps lorsque la tâche est effectuée de gauche à droite ($M = 28.77$ sec), que de droite à gauche ($M = 27.72$ sec), alors que c'est l'inverse chez les français, ils remplissent plus rapidement les points lorsque la tâche se fait de gauche à droite ($M = 24.38$ sec) que de droite à gauche ($M = 23.95$ sec).

Nos résultats montrent que le temps de remplissage de points pour chaque direction effectuée par rapport à la main utilisée varie dans les deux groupes. La divergence entre les deux groupes par rapport à la direction effectuée est plus importante lorsqu'ils utilisent la main droite que la main gauche. Nous avons effectué une ANOVA pour chaque Main séparément, avec l'Age et la Culture comme facteurs intergroupes, et la Direction comme facteur intragroupe.

Pour ce qui concerne les temps d'exécution de la tâche avec la main gauche, on ne note pas d'effet d'interaction entre Culture et Direction ($F < 1$). En utilisant la main gauche, les deux groupes passent plus rapidement la tâche dans la direction droite-gauche que la direction gauche-droite.

En ce qui concerne les performances de la main droite, l'effet de l'interaction entre Culture et Direction se montre significative, $F(1, 88) = 6.45$, $p < .01$. Par ailleurs, l'interaction entre Age et

Direction est marginale, $F(3, 88) = 2.34, p = .08$. Comme le montre la Figure 90, les enfants français, quel que soit l'âge, tendent à réaliser la tâche plus rapidement dans la direction gauche-droite que gauche-droite. Cette tendance est également remarquée chez les plus jeunes enfants syriens de 4 ans, au contraire des enfants plus âgés syriens de 8 et 10 ans qui remplissent plus vite les cases de points dans la direction droite-gauche que dans la direction opposée. L'interaction Age x Direction est significative chez les syriens lorsqu'ils utilisent la main droite, $F(3, 44) = 3.15, p < .05$, alors que cette interaction n'est pas significative chez les français ($F < 1$).

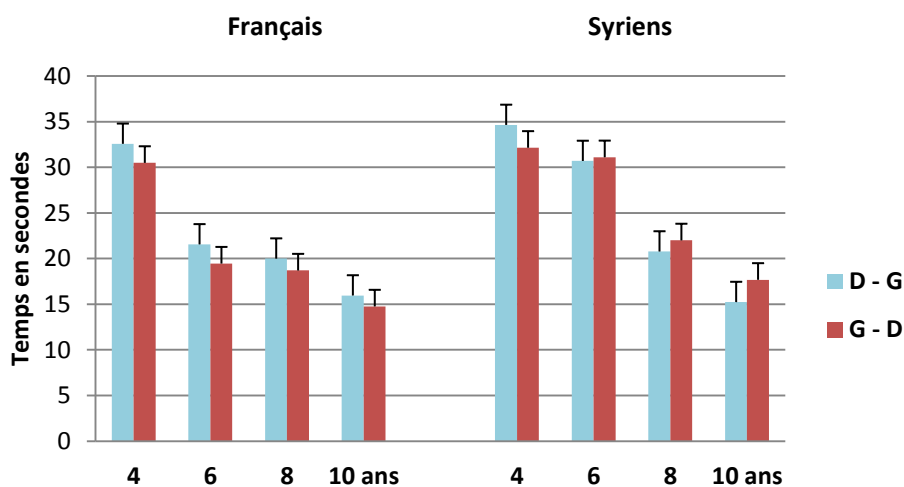


Figure 90 : Temps de performance selon la Culture, la Main et la Direction de tâche pour la main droite.

- Analyse des erreurs :

Nous avons calculé le nombre moyen d'erreurs produites par le sujet au cours de la tâche de remplissage des points. L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(3, 88) = 71.46, p < .001$, de la Culture, $F(1, 88) = 17.60, p < .001$, et de l'interaction Age x Culture, $F(3, 88) = 4.41, p < .01$. Comme le montre la Figure 91, l'amélioration des performances de remplissage des points apparaît clairement avec l'âge dans les deux groupes. Les enfants syriens ($M = 2.61$) font moins d'erreurs au cours du développement que les français ($M = 3.53$). Cette différence de performances entre les deux groupes est plus importante à 4 et 6 ans (un test post-hoc de Scheffé révèle que les 6 ans français font plus d'erreurs que les 6 ans syriens, $p < .01$), et elle disparaît à l'âge de 10 ans (un test post-hoc de Scheffé ne révèle pas de différence significative entre français et syriens à cet âge, $p > .80$). Ce profil

est similaire à celui observé pour les durées, la différence entre les groupes apparaît bien à 6 ans. Ainsi, l'augmentation de vitesse dans l'exécution de la tâche avec l'âge s'accompagne d'une réduction des erreurs. Par contre, si l'on considère le facteur culturel, l'avantage des français sur les syriens avant 10 ans en termes de vitesse s'accompagne d'un nombre d'erreurs plus grand.

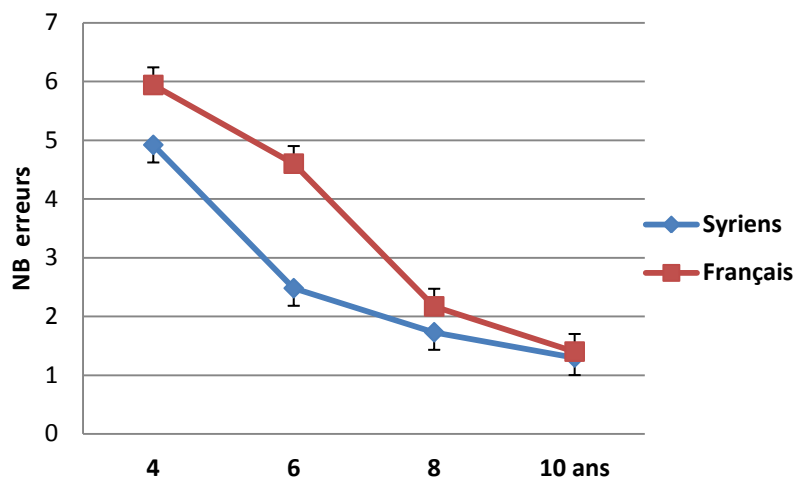


Figure 91 : Nombre moyen d'erreurs de remplissage de points dans les deux groupes en fonction de l'âge.

L'effet de la Main, $F(1, 88) = 16.26, p < .001$, et de l'interaction Main x Direction, $F(1, 88) = 5.86, p < .01$, sont significatifs. Cependant, aucun effet de Direction ($p = .21$) n'apparaît. La Figure 92 présente le nombre moyen d'erreurs produites chez les français et les syriens en utilisant les deux mains pour chaque direction de déplacement. Globalement, les deux groupes remplissent plus correctement les points avec la main droite ($M = 2.77$) qu'avec la main gauche ($M = 3.37$). En utilisant la main droite, les enfants produisent plus souvent des erreurs lorsque la tâche est exécutée dans la direction droite-gauche que la direction gauche-droite, alors que c'est l'inverse pour la main gauche. Si on analyse les données de chaque groupe séparément, on trouve que l'interaction Main x Direction est marginale chez les français, $F(1, 88) = 3.48, p = .08$, et qu'elle n'est pas significative chez les syriens ($p = .12$). Les performances de la main droite ne diffèrent pas selon la direction de tâche effectuée chez les syriens.

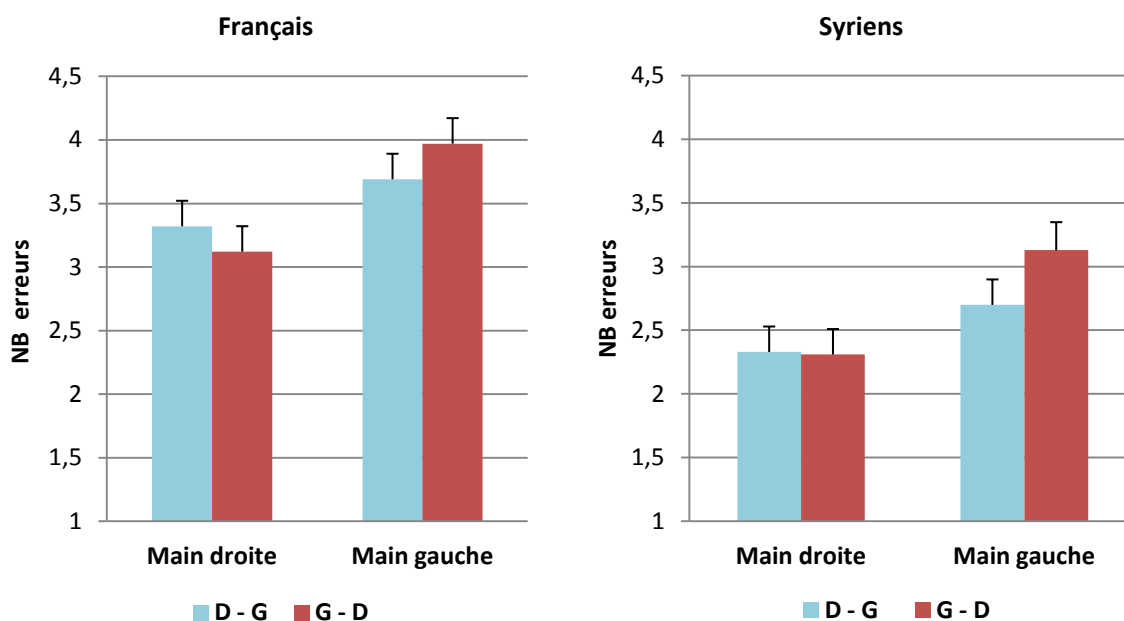


Figure 92 : Nombre moyen d'erreurs de remplissage de points en fonction de la main et de la direction dans les deux groupes.

Discussion

En ce qui concerne le test de remplissage des points, l'effet des habitudes culturelles ainsi que des contraintes biomécaniques ont eu l'impact attendu en termes de rapidité de réalisation des mouvements directionnels, et en termes d'erreurs produites. Conformément à Fagard et Dahmen (2003), l'enfant français remplit plus rapidement les points que les enfants syriens, et la vitesse de remplissage des points augmente avec l'âge dans les deux groupes. De plus, en accord avec les résultats de Vaid (1998), et de Fagard et Dahmen (2003), les deux groupes réalisent la tâche plus rapidement avec leur main droite qu'avec leur main gauche. Dans notre étude, nous avons analysé les erreurs de remplissage produites par les enfants, ce qui n'avait pas été fait dans les précédentes études. Nous avons observé que les jeunes français font plus d'erreurs que les jeunes syriens. Ainsi, les jeunes enfants français privilégient la vitesse à la précision. Plus précisent, cette différence culturelle apparaît à 6 ans et elle tend à s'estomper par la suite. Les deux groupes font preuve de meilleures performances avec la main droite qu'avec la main gauche. Ceci confirme le résultat de Annett et al. (1979) qui ont rapporté que les performances avec la main préférée sont plus précises dans une tâche de déplacement de chevilles qu'avec la main non préférée.

En termes de rapidité d'exécution des mouvements, l'effet de la direction est inversé entre les deux groupes quand la tâche est réalisée avec le sens de l'écriture française (gauche à droite) ou dans la direction de l'écriture arabe (droite à gauche). Les deux groupes réalisent la tâche plus rapidement dans la direction congruente avec la direction de l'écriture lorsqu'ils utilisent leur main droite (dominante). Ce résultat va dans le sens des études déjà signalées dans la littérature sur les effets culturels (Akthar, 1973 ; Shimrat, 1973 ; Vaid, 1998, Fagard & Dahmen, 2003). Chez les syriens, les performances de la main droite sont plus rapides dans la direction de leur écriture même si une tendance innée vers l'extérieur semble influencer la vitesse du remplissage des points. L'avantage de la direction droite-gauche chez les syriens apparaît dès 6 ans, âge de scolarité auquel l'enfant commence à apprendre systématiquement à écrire et à lire sa langue maternelle, et elle devient plus importante à l'âge de 8 et de 10 ans. Par contre, les plus jeunes de 4 ans sont influencés par les facteurs biomécaniques, ils remplissent plus rapidement les points dans la direction gauche-droite qui correspond à la direction des mouvements d'extension vers l'extérieur. Pour les français, le même raisonnement s'applique : la main droite présente un avantage dans le sens gauche-droite par rapport à droite-gauche (facilitation biomécanique en accord avec l'effet culturel). Les mouvements d'extension vers l'extérieur peuvent être facilitateurs lorsque la tâche est exécutée avec la main gauche. En accord avec les résultats de Vaid (1989), et Fagard et Dahmen (2003), lorsque la tâche est exécutée avec la main gauche, les deux groupes tendent alors à pointer plus rapidement lors du passage de droite à gauche que de gauche à droite à gauche.

Le nombre d'erreurs produites par le sujet avec la main droite est plus important lorsque la tâche est réalisée dans la direction droite-gauche, alors que c'est l'inverse en utilisant la main gauche, où les erreurs sont plus nombreuses dans la direction gauche-droite que dans la direction opposée. L'hypothèse biomécanique implique que les performances sont plus précises et plus correctes lorsque les sujets impliquent les mouvements d'extension vers l'extérieur que de flexion vers l'intérieur (Reed & Smith, 1961). Ce résultat va aussi dans le sens des résultats d'Abu-Arabe et Dobrotka (1985) suggérant qu'il est plus facile d'écrire un texte de gauche à droite avec la main droite et de droite à gauche avec la main gauche. Toutefois, l'effet des contraintes biomécaniques n'apparaît pas chez les syriens, les performances de la main droite ne se différenciant plus par rapport à la direction. Il apparaît un conflit entre l'effet des habitudes de lecture et d'écriture et l'effet des contraintes biomécaniques lorsque la tâche est réalisée avec la main dominante. Aucun avantage droite-gauche, ou gauche-droite n'est alors observé chez les syriens. Ce conflit n'apparaît pas chez les français car la direction des mouvements d'extension vers l'extérieur avec la main droite correspond au sens de leur écriture.

L'ensemble de nos résultats montre que l'effet des habitudes culturelles et les effets biomécaniques influencent la rapidité et la précision des mouvements dans la tâche de remplissage des points. La performance des enfants français et syriens indique que la direction d'écriture est un facteur

déterminant lorsque la tâche est effectuée avec la main droite (dominante). L'effet de la Culture est plus notable en termes de rapidité des mouvements que de précision quelle que soit la direction des mouvements dans les deux cas. Le facteur biomécanique est davantage signalé quand les sujets utilisent la main non dominante.

Examinons maintenant cette même problématique dans le cas d'une tâche qui, outre la consigne de rapidité, implique un contrôle attentionnel important de la part du sujet.

Test de Barrage

Le test de barrage est un outil simple qui permet une appréciation globale de l'attention soutenue, et de l'attention sélective. Cette épreuve consiste à discriminer le plus rapidement possible et à barrer certains signes mêlés à d'autres signes parmi lesquels ils peuvent être aisément confondus. L'épreuve de barrage se base sur une activité visuo-perceptive et elle est utilisée habituellement comme une mesure générale de l'attention. Elle demande également une capacité à se repérer dans l'espace. Pour progresser rapidement, le sujet doit en effet passer en revue de manière efficace l'ensemble des stimuli. Zazzo (1972) dans l'application du test du barrage des signes, relève que tandis que les enfants de 5 ans se montrent incapables devant cette tâche, ceux de 6 ans la réussissent dans la proportion de 60 % à 70% mais seulement lorsque le barrage porte sur un signe, alors que le barrage de deux signes n'est réussi qu'à 7 ans. Des normes existent pour les enfants de 6 à 15 ans.

L'épreuve de barrage a été créée par Bourdon (1895) sous forme d'un barrage de lettres. Il l'a présentée comme un test de discrimination répondant aux besoins d'une psychologie comparative et différentielle. Piéron et Toulouse (1904) ont proposé les signes que Zazzo (1972) a utilisés dans ses études : il s'agit de carrés affectés de tirets qui les orientent et ainsi les différencient en huit catégories comme le montre la Figure 93.

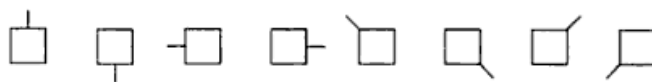


Figure 93 : les carrés de Toulouse-Piéron

Les carrés de Toulouse-Piéron ont deux millimètres de côté. Les nôtres ont trois millimètres de côté, soit une surface deux fois plus grande. Le test des deux barrages de Zazzo (1972) est divisé en deux parties : dans une première phase, il s'agit de barrer un seul type de signes ; dans une seconde

phase, il s'agit de barrer deux types de signes. Pour le barrage d'un seul signe, le sujet doit examiner une feuille entière de format A3 qui comporte 40 lignes de 25 signes, chacune des huit catégories étant présentées à fréquence égale. Le temps est libre, l'examineur note le temps mis toutes les quatre lignes. Pour le barrage des deux signes, le temps est fixé à 10 minutes, l'examineur note alors la position du sujet toutes les minutes.

Dans la présente recherche, nous nous sommes intéressées à étudier l'influence des effets culturels et biomécaniques sur la rapidité des mouvements d'une part et l'attention sélective d'autre part, lorsque l'enfant doit barrer les signes de gauche à droite et de droite à gauche avec la main dominante et non dominante.

Méthode

Sujets :

En raison des difficultés rencontrées pour les jeunes enfants dans cette tâche, nous avons procédé à la passation du test de barrage avec les enfants français et syriens âgés de 6, 8, et 10 ans, de sexe masculin et féminin, tous droitiers. Leur latéralité a été testée rapidement en moyen de 3 items (écriture, marteau, ciseaux). Ils ont été répartis en deux groupes, selon leur culture. Le premier groupe compte 29 enfants français vivant en France et de langue maternelle française, scolarisés en CP, CE2, et CM2. Le deuxième groupe comprend 29 enfants syriens vivant en Syrie et de langue maternelle arabe, et qui ont été le moins possible confrontés à des habitudes culturelles occidentales. Les enfants syriens étaient scolarisés en 1^{ère}, 3^{ème}, et 5^{ème} classe de l'école primaire. Le tableau 10 résume les caractéristiques de ces groupes d'enfants.

Tableau 10 : Nombre de sujets et âge moyen pour chaque groupe expérimental

	Groupe des français		Groupes des syriens	
	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart type)	Nb de sujets (nb de garçons)	Age moyen année, mois (écart type)
6 ans	9 (5)	6,6 (2,86)	10 (5)	6,5 (3,08)
8 ans	10 (5)	8,6 (3,08)	9 (4)	8,5 (3,20)
10 ans	10 (5)	10,4 (2,96)	10 (5)	10,3 (2,48)
Total	29		29	

Matériel :

L'enfant doit examiner deux feuilles de barrage. Chacune comporte 4 lignes de 25 signes, soit un total de 100 signes de huit catégories différentes par feuille (segment horizontal, vertical, ou oblique). Nous avons utilisé les mêmes lignes de signes que proposées par Zazzo (1972) pour le barrage d'un seul signe. (Voir Annexe 8).

Le matériel de l'expérimentateur était constitué d'un chronomètre et d'une feuille de notation identique à celle utilisée dans le test de remplissage de points. Pour le sujet, une feuille présente les modèles des quatre signes à barrer (les signes ayant un segment horizontal ou vertical). Les signes à barrer sont illustrés dans la Figure 94.

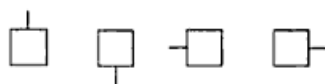


Figure 94 : Signes à barrer

Procédure :

Comme dans l'expérience précédente, l'expérimentateur s'assied près de l'enfant à une distance qui ne gêne pas ses mouvements. Quand l'enfant est prêt, l'examineur lui montre la première feuille de test et donne la consigne suivante :

« *Je te demande un travail facile qui exige seulement que tu fasses bien attention... tu vas barrer dans cette feuille tous les petits carrés qui ont un bâton en haut, en bas, à droite, et à gauche exactement comme dans ces modèles* ». Nous lui montrions alors la feuille des 4 signes à barrer et continuions :

- *Il faut travailler vite et bien, Bien, ça veut dire qu'il faut bien faire attention de ne pas en oublier, Vite, ça veut dire le plus vite possible que tu peux. Tu vas barrer les signes des fois avec la main droite et avec la main gauche, ligne par ligne, et tu dois commencer lorsque je te le demande et arrêter à la fin de chaque ligne.*

Nous mettions la feuille de barrage sur la table devant le sujet.

- *On commence maintenant la 1^{ère} ligne avec la main (droite / gauche) par cette direction (on indique la direction de barrage avec le doigt).*

- *Attention ... vas-y.*

Le chronométrage est opéré pour chaque ligne séparément. L'enfant doit barrer 4 lignes de signes pour chaque main, deux fois dans la direction gauche-droite, et pareillement dans la direction opposée. L'ordre de la direction de tâche ainsi que l'utilisation de chaque main était aléatoire. Après la passation de la première feuille de 4 lignes, on donne à l'enfant une pause de 30 secondes s'il est fatigué. L'enfant n'a pas le droit de corriger. La tâche revient donc à discriminer les carrés avec les segments horizontaux ou verticaux des carrés avec des segments obliques.

Codage des données :

Le temps est chronométré en seconde pour chaque essai. Nous avons calculé le temps moyen pour chaque ligne et chaque direction exécutée en utilisant la main droite et la main gauche. Nous avons analysé les erreurs produites par l'enfant, lorsque l'enfant n'a pas barré un signe demandé, ou s'il a barré un signe ayant un segment oblique. Les résultats ont été analysés en termes de rapidité d'exécution des mouvements et en termes d'erreurs. Des ANOVAS ont été effectuées avec la Culture

(Français, Syriens) et l'Age (4, 6, 8, et 10 ans) comme facteurs intergroupes, la Main (droite, gauche) et la direction de tâche (droite à gauche, gauche à droite) comme facteurs intragroupes.

Résultats

- Analyse en termes de vitesse des mouvements :

Quand les résultats sont analysés en termes de rapidité *d'exécution* des mouvements, l'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age, $F(2, 52) = 40.27, p < .001$, comme le montre la Figure 95. Le temps de barrage des signes diminue avec l'âge dans les deux groupes. Par ailleurs, l'effet de la Culture $F(1, 52) = 2.39, p = .12$, et l'interaction Age x Culture $F(1, 52) = 1.66, p = .19$, ne sont pas significatifs, bien que les enfants français de 6 ans aient une tendance à exécuter la tâche plus rapidement que les syriens du même âge.

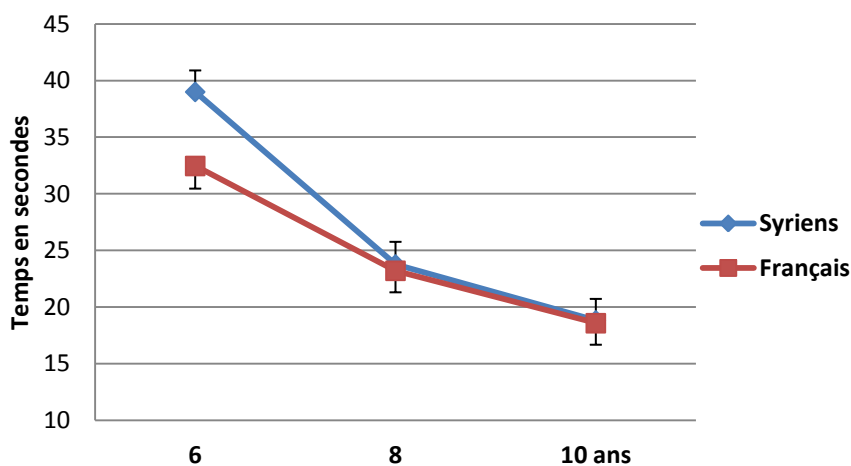


Figure 95 : Evolution avec l'âge du temps de réalisation de la tâche.

L'interaction Main x Direction, $F(1,52) = 5.72, p < .0$, est significative. Aucun effet significatif de Main, $F(1, 52) = 1.53, p = .22$, ou de Direction, $F(1, 52) = 0.09, p = .76$, n'apparaissent. La Figure 96 illustre les données en fonction de la main et de la direction dans les deux groupes.

La différence de performance entre les deux mains est plus marquée dans la direction gauche-droite que droite-gauche. Lorsque la tâche est exécutée dans la direction gauche-droite, les deux groupes ont barré les signes plus rapidement avec la main droite qu'avec la main gauche. Concernant

la direction droite-gauche, les français sont un peu plus rapides avec la main gauche qu'avec la main droite, pendant que les syriens ne se différencient pas par rapport à la main utilisée.

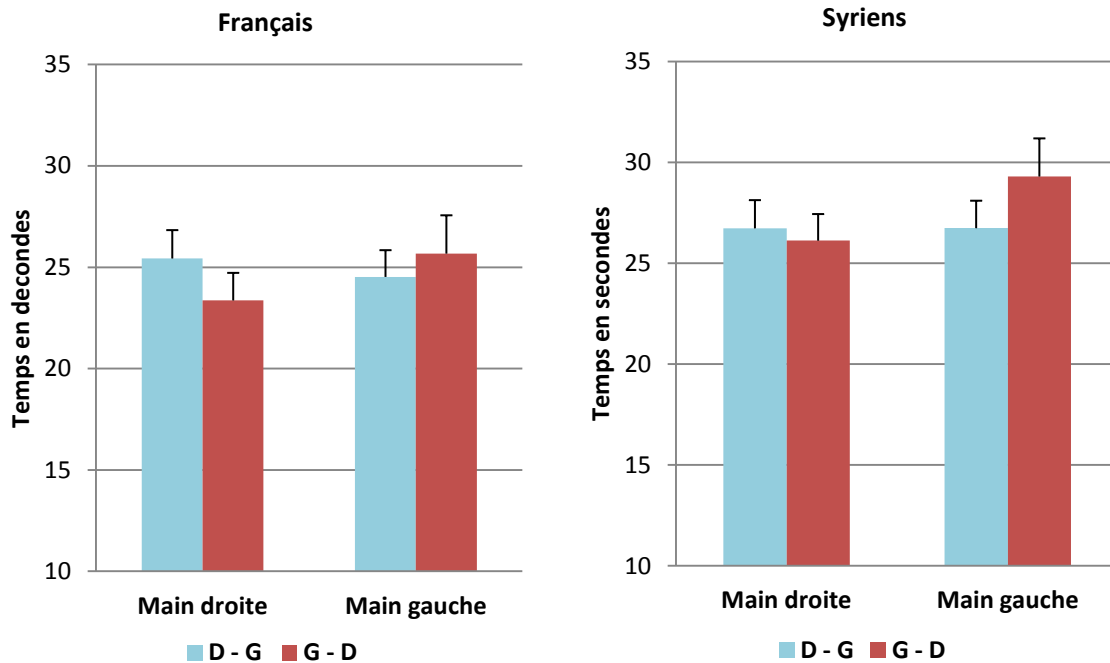


Figure 96 : Temps de performance selon la main et la direction de réalisation de la tâche dans les deux groupes.

- Analyse des erreurs :

Nous avons calculé la moyenne des erreurs produites par le sujet au cours du test de barrage. L'ANOVA révèle un effet significatif des facteurs Age, $F(2, 52) = 4.53, p < .01$, et Culture, $F(1, 52) = 4.90, p < .01$. Cependant, l'interaction Age x Culture n'est pas significative $F(1, 52) = 1.03, p = .36$. La Figure 97 rapporte l'amélioration des performances de barrage avec l'âge dans les deux groupes.

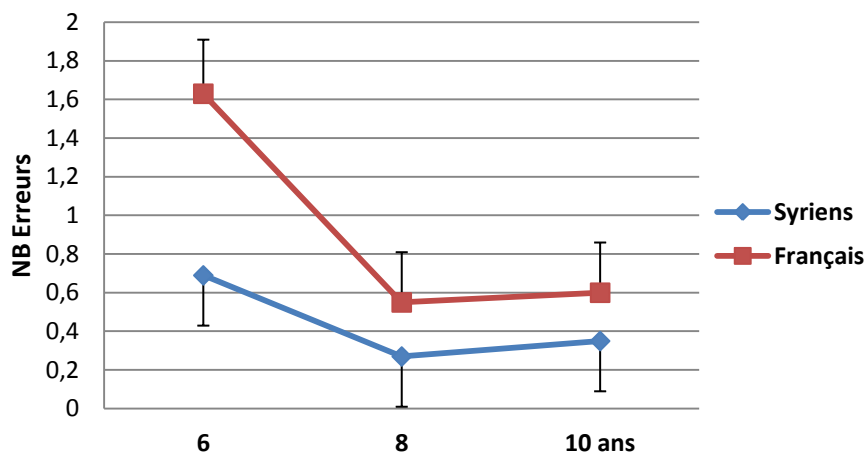


Figure 97 : Nombre moyen d'erreurs de barrage en fonction de l'âge dans les deux groupes.

Les sujets barrent de plus en plus correctement avec l'âge. Un test post-hoc (Scheffé) montre une amélioration significative des performances de barrage avec l'âge entre les enfants de 6 ans et de 8 ans ($p < .05$). Les enfants français ($M = 0.93$) font plus d'erreurs au cours du test du barrage que les syriens ($M = .44$).

L'interaction Main x Direction est également significative, $F(1,52) = 10.30, p < .01$. Nous ne notons pas d'effet de la Main, $F(1, 52) = 1.53, p = .22$, ni d'effet de la Direction, $F(1, 52) = 0.19, p = .66$, ni d'interaction entre Culture, Main, et Direction, $F(1, 52) = 1.89, p = .16$. La Figure 98 montre que lorsque le barrage est exécuté dans la direction gauche-droite, l'enfant produit plus souvent des erreurs avec la main gauche qu'avec la main droite. Par contre, en barrant de droite à gauche, les sujets font plus d'erreurs avec la main droite qu'avec la main gauche.

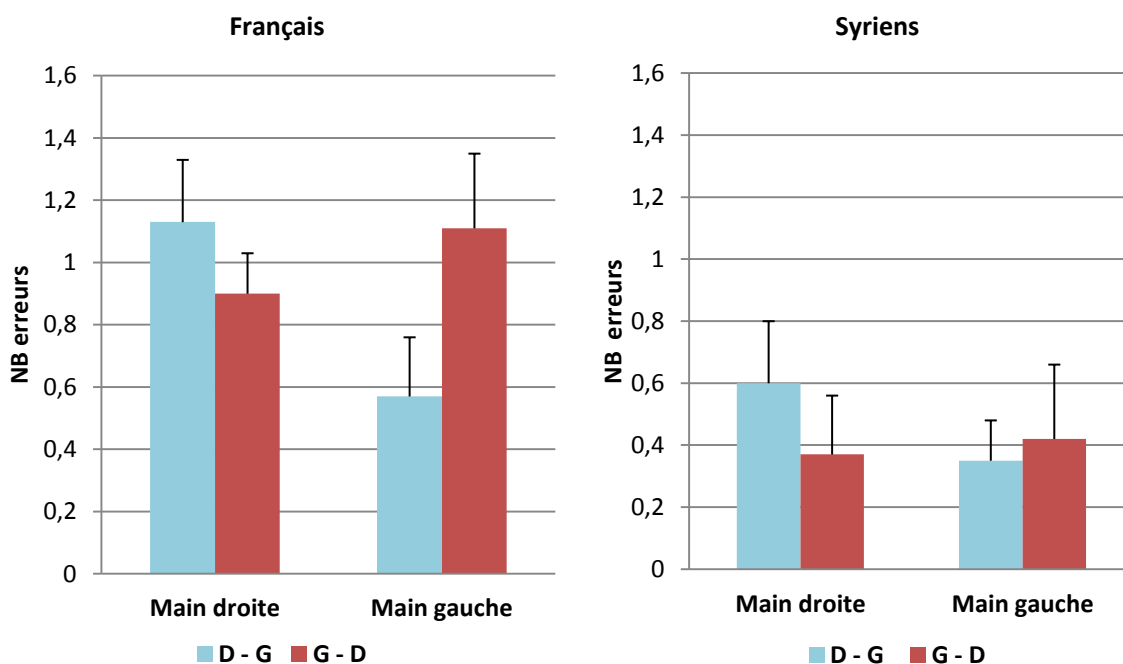


Figure 98: Nombre moyen d'erreurs de barrage en fonction de la main et de la direction dans les deux groupes.

Discussion

Conformément à ce que Zazzo (1972) rapporte dans ses travaux, l'attention sélective et la discrimination perceptive de l'enfant augmente au cours du développement. On trouve une amélioration des performances très importante entre 6 et 8 ans en termes de vitesse des mouvements et de production d'erreurs.

Nous avons prédit que les sujets barrent mieux et plus rapidement les signes lorsque la direction de tâche correspond à la direction de l'exploration visuelle et motrice déterminées par l'écriture et la lecture. En contradiction avec cette attente basée sur les études interculturelles (Akthar, 1973 ; Shimrat, 1973 ; Vaid, 1998 ; Fagard & Dahmen, 2003), les habitudes culturelles n'ont pas eu l'impact attendu sur la tâche de barrage. L'effet de la direction de barrage n'est pas inversé entre les deux cultures. C'est la première tâche testée dans notre travail de thèse pour laquelle nous n'observons pas cet effet culturel, ce qui ne peut manquer de nous questionner. Nous faisons l'hypothèse que le rôle important joué par le facteur attentionnel dans cette tâche est probablement responsable de cette annulation de l'effet culturel. En effet, pour réussir la tâche, on peut supposer que le sujet doit concentrer son attention sur chaque carré pris séparément, et non pas sur la composante topocinétique liée au déplacement de la main sur la ligne. Ceci éliminerait ou en tout cas réduirait fortement

l'influence des habitudes d'écriture et de lecture sur les mouvements produits au fur et à mesure des signes rencontrés.

Par contre, ce qui influence les performances de barrage dans chaque direction étudiée sont les effets biomécaniques. Conformément aux études de Vaid, (1998), Fagard et Dahmen, (2003), nous avons trouvé que la différence entre les deux mains fonctionne différemment pour chaque direction effectuée. En accord avec la loi des mouvements vers l'extérieur décrite par Reed et Smith (1961), le barrage est plus rapide et précis dans le sens des mouvements vers l'extérieur que des mouvements de flexion vers l'intérieur. Lorsque le sujet exécute la tâche avec la main droite, il tend à barrer plus rapidement dans la direction gauche-droite que dans la direction opposée. L'inverse apparaît en utilisant la main gauche, le barrage est plus rapide dans la direction droite-gauche que dans la direction opposée. Même si une facilitation pour les mouvements vers l'extérieur semble influencer la vitesse du barrage, la différence entre les deux mains n'est pas importante lors de barrage de droite à gauche. L'effet des mouvements d'extension vers l'extérieur apparaît plus clair en termes de production d'erreurs. La capacité de l'enfant à barrer les signes est ainsi plus élevée lorsque ses mouvements se font vers l'extérieur que l'intérieur. Cela peut signifier que l'enfant peut effectuer le travail plus précisément, lorsque son mouvement est facilité d'un point de vue biomécanique.

La différence que nous observons entre la tâche de barrage et la tâche de remplissage de points quant au rôle joué par les habitudes culturelles est assez édifiante. Une réplique de nos résultats en tâche de barrage serait importante à conduire, car à notre connaissance, aucune autre étude similaire n'a été faite dans la littérature, ce qui ne permet pas de savoir si nous avons à faire ici à un résultat stable. Si cela devait être le cas, on pourrait alors suggérer que les effets culturels liés à la directionnalité gauche-droite ou droite-gauche sont plus liés à l'encodage perceptif de la tâche qu'à sa réalisation manuelle, car les deux tâches (barrage et dot-filling) se distinguent plus du côté de l'encodage que du côté de la réalisation manuelle. On peut effectivement voir le barrage comme un remplissage de traits sur des signes particuliers (bien qu'il reste notable que les mouvements sont plus discontinus dans le cas du barrage que dans celui de la tâche de remplissage de points). Du point de vue de l'encodage, le test de barrage implique l'analyse de chaque forme séparément, ce qui annule tout effet dynamique lié à la direction de l'exploration de la ligne. Bien entendu, notre hypothèse nécessite des vérifications mais si elle est fondée, alors elle suggérerait que c'est davantage la main qui produit ce que l'œil dicte, que l'œil qui s'habitue à ce que produit la main, pour reprendre Zazzo (1950).

Discussion générale

Discussion générale

Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à la directionnalité dans les mouvements graphiques comme un indicateur de la manière dont les sujets présentent un biais directionnel sous l'influence de certains facteurs. Ce travail avait pour objectif d'évaluer tout d'abord l'impact des contraintes biomécaniques et des habitudes culturelles sur la directionnalité, à travers l'examen de deux groupes de sujets de cultures différentes qui s'opposent sur la directionnalité majeure de l'écriture et de la lecture, et en comparant les performances des sujets lorsqu'ils utilisent leur main droite ou leur main gauche pour produire la tâche. En d'autres termes, nous soulevons ici la question de savoir quel facteur serait privilégié lorsqu'un conflit entre les contraintes biomécaniques et des habitudes culturelles apparaît pour la réalisation d'une tâche graphique. Notre travail sur des enfants de différents âges nous a permis de comparer l'impact de l'instruction systématique de la lecture et de l'écriture sur la tendance directionnelle chez les enfants à l'âge préscolaire et les enfants scolarisés. De plus, la comparaison entre les résultats des enfants par rapport à ceux des adultes nous a permis d'observer des effets différents entre les facteurs culturels et les contraintes biomécaniques au cours de développement.

La discussion générale de ce travail sera brève, chaque recherche expérimentale ayant déjà fait l'objet d'une discussion approfondie. Nous aborderons tout d'abord l'effet culturel dans la préférence directionnelle dans des tâches graphiques. Puis, nous chercherons, au moyen de nos résultats, à mettre en évidence et à rendre compte des changements directionnels apparaissant dans le développement en tant qu'indicateurs de l'effet des habitudes culturelles. Nous aborderons ensuite la différence entre la main droite et la main gauche dans les mouvements directionnels au cours du développement. Enfin, nous examinerons la force relative du facteur biomécanique et des habitudes de lecture et d'écriture lorsque le conflit apparaît entre eux, et comment ces effets interagissent au cours du développement. Dans le dernier chapitre de cette discussion, nous proposerons des suggestions qui peuvent être appliquées dans les études à l'avenir afin d'améliorer notre compréhension sur la directionnalité graphique.

I. Tendances directionnelles liées aux habitudes culturelles

Nos résultats globaux montrent que les deux groupes généralisent la directionnalité des habitudes de lecture et d'écriture aux activités grapho-motrices, l'influence des habitudes culturelles rendant compte des résultats relatifs aux activités motrices directionnelles, surtout lorsque la tâche est exécutée avec la main dominante (droite).

Les deux groupes culturels ont montré une tendance forte à commencer leurs dessins en haut et à tracer dans la direction haut-bas, (Dennis et Raskin, 1960 ; Weis, 1967 ; Goodnow et al. 1973, 1977 ; Liebllich et al. 1977 ; Liebllich, Ninio & Kugelmass, 1975), car les deux systèmes d'écriture débutent en haut de la page. Cependant, une divergence importante apparaît entre les français et les syriens pour le choix de la direction du trait horizontal. Les syriens, habitués à une écriture allant de droite à gauche, débutent leurs dessins à droite et conséquemment, poursuivent leur tracé de droite à gauche, alors que les français commencent les dessins à gauche et tracent une ligne horizontale dans la direction gauche-droite (Dennis et Raskin, 1960 ; Weis, 1967 ; Goodnow et al 1973, 1977 ; Liebllich et al. 1977 ; Liebllich, et Ninio, et Kugelmass 1975). Dans les tâches visuo-spatiales, telles que la bissection de lignes et les dessins d'objets de profil, le groupe syrien présente un biais directionnel vers la droite dans les deux tâches, tandis que les Français montrent un biais vers la gauche. Les résultats confirment que l'habitude de lecture et d'écriture influence l'orientation de l'attention sur la ligne et, de cette façon, la position de la bissection (Chokron & Imebert, 1993 ; Chokron & De Agostini, 1995 ; Fagard & Dahmen, 2003). L'effet culturel sur l'orientation canonique des objets dans l'espace n'a pas été suffisamment prouvé dans la littérature en raison de la rareté des études révélant cet effet et des contradictions dans leurs résultats. Les études de Vaid (1995) et Chokron et De Agostini (2002) ont mis en évidence un lien entre l'orientation des dessins des objets et les habitudes de lecture, alors que d'autres études montrent qu'il n'y a pas de lien entre les habitudes directionnelles et une orientation préférée dans le dessin. Nos résultats dans le dessin d'objets de profil (Véhicules, Visages, Animaux) montrant que les dessins des syriens sont tournés à droite et à gauche pour les français prouvent que les habitudes culturelles influencent l'orientation préférentielle des objets de profil dans l'espace.

Les résultats des sujets dans la tâche de bissection de lignes et de dessins de profil nous ont conduit à penser les limites de l'hypothèse de l'activation hémisphérique pour le biais directionnel dans les tâches visuo-spatiales : en effet, ce dernier ne peut être conçu seulement comme un indicateur d'un reflet d'organisation cérébrale liée à l'hémisphère controlatéral.

Nous avons prédit que les sujets effectuent mieux la tâche de remplissage de points et le test de barrage plus rapidement lorsque la direction de la tâche correspond à la direction de l'exploration visuelle et motrice déterminées par l'écriture et la lecture, basant cette attente sur des études

interculturelles (Akthar, 1973 ; Shimrat, 1973 ; Vaid, 1998 ; Fagard & Dahmen, 2003). La progression des mouvements est plus rapide dans la direction congruente avec la direction de l'écriture (Vaid, 1995 ; Fagard & Dahmen, 2003) et de façon plus correcte dans la tâche de remplissage des points. Cependant, les résultats au test de barrage ne sont pas influencés par les contraintes culturelles. Du point de vue de l'encodage, le test de barrage implique l'analyse de chaque forme séparément, ce qui annule tout effet dynamique lié à la direction de l'exploration de la ligne. Toutefois, il s'agit de la seule tâche testée dans notre travail de thèse pour laquelle nous n'observons pas cet effet culturel.

L'influence des effets culturels sur les activités motrices et la directionnalité n'est pas seulement due au système d'écriture en termes de la composante topocinétique (*mouvements dans l'espace*) mais aussi de la composante morphocinétique (*lettres*). Nos résultats suggèrent que les participants ont pu consulter des représentations abstraites pour dessiner des formes familières ou des formes connues, en employant des procédures de dessin semblables, comme dans les dessins de certaines figures géométriques ressemblant à quelques lettres, comme nous l'avons trouvé dans la production des lettres et des chiffres chez les adultes dans l'expérience 1. Par ailleurs, concernant la modulation de la syntaxe graphique, le fait que les lettres arabes sont obligatoirement liées entre elles pour écrire un mot peut nous permettre d'interpréter pourquoi nos sujets syriens dessinent de manière continue avec les deux mains : ceci influencerait la directionnalité des mouvements chez les syriens puisqu'ils privilégient la continuité des mouvements au respect des règles de progression horizontale et verticale, alors que nous observons l'inverse chez les français en raison de leur système alphabétique. En effet, le système alphabétique français n'exige pas de lier les lettres entre elles pour écrire un mot, ce qui expliquerait la raison pour laquelle ils dessinent de manière plus discontinue que les syriens et respectent davantage la direction des mouvements.

Les français et les syriens tendent à tracer le cercle dans le sens anti-horaire. Néanmoins, cette tendance de rotation est globalement plus remarquable chez les français que chez les syriens du fait que les lettres nécessitant d'effectuer un mouvement circulaire sont plus nombreuses dans l'écriture française que dans l'écriture arabe. Ceci diverge quelque peu des résultats de Goodnow et al. (1973), suggérant que la population de culture occidentale (Américains) dessine le cercle dans le sens anti-horaire alors que la population de culture orientale (Hébreux) trace dans le sens horaire.

L'ensemble de nos résultats confirme l'impact de la culture sur la préférence directionnelle dans des tâches non liées au langage, de gauche à droite pour les français, cette préférence étant inversée chez les syriens. Toutefois, les influences culturelles liées aux habitudes de lecture et d'écriture peuvent prendre du temps pour former le comportement directionnel de l'individu.

II. Développement de la directionnalité graphique pendant l'enfance

Nos résultats font aussi apparaître l'existence d'une évolution de la performance au cours du développement. En accord avec Goodnow & Levine, (1973), Van Sommers (1984), et Meulenbroek, Vinter, & Mounoud (1993), l'application de certaines règles de l'organisation syntaxique de production graphique se renforce avec l'âge dans les deux groupes. Les sujets dessinent de plus en plus de formes géométriques correctes avec l'âge. Une amélioration des performances apparaît lorsque les enfants remplissent les points et barrent les signes, prouvant ainsi que la précision des mouvements et l'attention sélective de l'enfant se renforcent avec l'âge. Par ailleurs, la vitesse de remplissage des points (Fagard & Dahmen, 2003) et de barrage de signes (Zazzo, 1972) augmente au cours du développement .

Nous avons également prévu que les tendances directionnelles devraient se renforcer avec l'âge, notamment pendant la période où l'instruction formelle est massivement livrée aux enfants puisque les tendances directionnelles dans les tâches graphiques sont liées aux habitudes de lecture et d'écriture. C'est ce que nos résultats ont révélé. D'une part, le comportement de dessin des enfants préscolaires français et syriens ne semble pas influencé par la culture et la différence entre eux n'est pas marquée comme elle l'est chez les plus âgés. D'autre part, différents changements développementaux dans la préférence directionnelle ont été notés dans la directionnalité des activités graphiques à l'âge de scolarisation.

Concernant le choix de rotation dans le sens horaire ou anti-horaire, les enfants d'âge préscolaire dans les deux groupes tracent préférentiellement les cercles dans le sens horaire (Gesell & Ames, 1946 ; Lurçat, 1974 ; Van Sommers, 1984 ; Meulenbroek, Vinter, & Mounoud, 1993 ; Glenn, Bradshaw, & Sharp, 1995 ; Braswell & Rosengren, 2000). Tandis que les écoliers français préfèrent le sens anti-horaire, dominant dans l'écriture alphabétique occidentale où les lettres nécessitent d'effectuer un mouvement circulaire dans le sens anti-horaire et sont très rarement, voire jamais, effectuées dans le sens horaire (Goodnow et al, 1973 ; Meulenbroek, Vinter, & Mounoud, 1993 ; Amenomori et al, 1997 ; Fagard & Dahmen, 2003), les Syriens, eux, ne montrent aucune évolution avec l'âge dans la directionnalité circulaire en raison du manque de lettres circulaires dans la langue arabe comme Fagard et Dahmen (2003) l'ont rapporté.

Concernant le choix directionnel gauche-droite ou droite-gauche, l'évolution avec l'âge des tendances directionnelles est marquée dans les deux groupes culturels. La préférence directionnelle gauche-droite est importante chez les enfants d'âge préscolaire dans les deux groupes, ce que contredisent les résultats de Weiss (1969, 1971), qui rapportent que les plus jeunes enfants ne

montrent pas de préférence directionnelle. Nos résultats confirment diverses études suggérant que la tendance de progression des mouvements dans la direction gauche-droite est observée chez les enfants d'âge préscolaire (Goodnow & Levine, 1973 ; Van Sommers, 1984 ; Vinter, 1994). Cette préférence diminue avec l'âge chez les syriens en favorisant la direction droite-gauche à l'âge scolaire, âge auquel l'enfant commence à apprendre systématiquement à écrire et à lire sa langue maternelle. L'avantage de la direction droite-gauche chez les syriens émerge dès 6 ans, âge corrélé avec l'apprentissage de l'écriture, et devient plus importante aux âges où la pratique de la lecture et de l'écriture est affirmée, c'est-à-dire entre 8 ans et 10 ans jusqu'à l'âge d'adulte. Cependant, l'émergence des facteurs culturels dans la tâche de dessins de profil n'est pas présente à l'âge de 6 ans, contrairement aux autres tâches, les enfants syriens et français d'âge préscolaire ne semblant pas influencés par la culture. En effet, ils ne présentent pas de biais directionnel significatif, comparativement aux enfants plus âgés ou adultes.

L'évolution de la directionnalité graphique, congruente avec la direction de l'écriture et de la lecture, n'est pas aussi fortement distincte chez les français et les syriens. Les enfants français ont une tendance gauche-droite à tous les âges, même chez les plus jeunes enfants de maternelle, à l'exception de la tâche de bissection des lignes où les enfants préscolaires français et syriens dévient à droite du milieu objectif, peut être en raison de l'immaturité calleuse chez les jeunes enfants (Chokron & De Agostini, 1995). A l'âge scolaire, les enfants français ont une tendance à bissecter la ligne de plus en plus à gauche du milieu objectif avec l'âge, alors que les enfants syriens la bissectent de plus en plus à droite avec l'âge (Fagard & Dahmem, 2003).

Ainsi, l'effet de scolarité apparaît pour la préférence directionnelle haut-bas. Dans les deux groupes culturels, les plus jeunes enfants de 3 et 4 ans tracent les segments de bas en haut, se comportant comme si la feuille était un prolongement de leur corps (Van Sommers, 1984), alors qu'à partir de 6 ans, ils privilégient davantage le tracé de haut en bas (Vinter, 1994).

L'ensemble de ces changements directionnels dans les comportements graphiques de nos sujets prouve l'effet de la scolarité sur la manière d'effectuer les mouvements, à savoir le départ en haut et à gauche, ainsi que la direction haut-bas, et gauche-droite, qui sont dominants dans l'écriture alphabétique.

III. Contraintes Biomécaniques et tendances directionnelles

En général, concernant les différences fonctionnelles entre les deux mains, les deux groupes culturels font preuve de meilleures performances avec la main droite qu'avec la main gauche : en effet, les enfants copient plus correctement les figures géométriques avec leur main droite qu'avec leur

main gauche, les règles de l'organisation syntaxique sont globalement plus souvent respectées par les deux groupes culturels avec la main droite qu'avec la main gauche. L'habileté manuelle est estimée par la vitesse et la précision des performances dans la tâche de remplissage de points et le test de barrage (chapitre 5). Il est aussi montré que la main préférée est plus performante, plus rapide, et plus précise que la main non préférée (Annett, 1970 ; Taply & Bryden, 1985 ; Hauert & Steffen, 1987 ; Vaid ; Fagard & Dahmen, 2003).

Les contraintes biomécaniques, liées à l'organisation du système neuromoteur résultant de la structure anatomique des bras, déterminent les mouvements d'extension vers l'extérieur du corps, lesquels sont préférés aux mouvements fléchisseurs vers l'intérieur (Brown, Knauft, & Rosenbaum, 1948 ; Barlett, 1957 ; Dreman, 1974 ; Van Sommers, 1984), et influencent la direction préférée des sujets dans les tâches graphiques (Reed & Smith, 1961).

Conformément aux études de Gesell et Ames (1946), Van Sommers (1984), Scheirs (1990), et de Braswell et Rosengren (2000, 2009), la tendance directionnelle de gauche à droite est exécutée avec la main gauche beaucoup moins qu'avec la main droite par les français, qui adoptent un comportement en "miroir" déterminé par des contraintes biomécaniques. Ils tracent dans la direction liée aux mouvements privilégiés d'extension partant du centre du corps du sujet vers l'extérieur (outward), parce que ces mouvements vers l'extérieur du corps sont plus rapides, plus précis et moins fatigants que des mouvements de fléchissement vers l'intérieur (Barlett, 1957 ; Brown, Knauft & Rosenbaum, 1948). Toutefois, la tendance directionnelle gauche-droite est moins souvent appliquée avec la main gauche dans les deux groupes culturels. Les syriens, eux aussi, tendent à tracer les segments de droite à gauche avec leur main gauche plus qu'avec la main droite, répondant ainsi à la fois aux contraintes biomécaniques et aux contraintes culturelles. Ainsi les deux groupes dessinent de manière très proche avec leur main gauche.

Les mouvements d'extension du corps peuvent expliquer la raison pour laquelle les français et les syriens effectuent une bissection plus fréquemment vers la gauche avec la main gauche qu'avec la main droite, même si le biais gauche avec la main gauche est plus faible que le biais droit avec la main droite chez les syriens. Ceci confirme les études rapportant que la déviation à gauche est plus importante chez les gauchers que chez les droitiers (Schenkenberg et al., 1980 ; Sampaio & Chokron, 1992 ; Fagard & Dahmen, 2003). Cette observation prouve que l'asymétrie perceptive et l'effet de polarisation vers la gauche dans la tâche visuo-spatiale ne peuvent pas être interprétés seulement en termes d'activation hémisphérique et de traitement perceptuel, mais impliquent aussi l'effet de la main active aussi bien que l'effet culturel.

Cependant, l'orientation canonique des dessins réalisés par les enfants n'a pas été affectée par la main utilisée pour dessiner, ce qui jette quelques doutes sur l'hypothèse selon laquelle les contraintes biomécaniques peuvent influencer la directionnalité des objets dessinés de profil. Nos résultats montrent néanmoins que ce facteur biomécanique est intervenu chez les adultes. Toutefois, l'effet de « direct handedness » mentionné par Karev (1999) apparaît pour les objets centrés sur soi (la

tasse, la brosse à dents) chez les participants dans les deux groupes et à tous les âges. En effet, les participants syriens, comme les sujets français, ont montré un biais à gauche dans le dessin des outils centrés sur soi (la tasse, la brosse à dents) quand ils ont utilisé leur main droite.

L'effet de « direct handedness » dans le dessin peut être interprété comme un indice de la représentation canonique d'un objet utilisé par les individus pour le dessin. Cette représentation contiendrait des propriétés sensori-motrices qui précisent l'orientation des caractéristiques pertinentes de l'objet pour faciliter leurs actions ; par exemple, l'anse d'une tasse sur la droite pour les droitiers peut faciliter la préhension (Karev, 1999; Martin & Jones, 1999; van Sommers, 1984). Ces résultats nous amènent à penser que "l'œil s'habitue à ce que produit la main" (Zazzo, 1950) : les composants relatifs à cet objet (*comme l'anse d'une tasse*) seraient stockés en mémoire dans la même position et direction spatiale que celles dans laquelle ils ont été manipulés. Cependant, contrairement à la performance rapportée chez les adultes, les enfants n'ont pas inversé l'orientation de ces objets lorsqu'ils ont utilisé la main gauche (non-dominante). Ils sont restés plus souvent représentés tournés vers la gauche. Ce résultat diverge quelque peu de ceux de Karev (1999), Martin et Jones (1999) et Van Sommers (1984), qui l'ont rapporté avec les gauchers. L'une des raisons envisagée pour expliquer ce résultat serait que les droitiers ont moins d'expérience pour saisir un objet tel qu'une tasse avec la main gauche.

Les contraintes biomécaniques influencent également la directionnalité circulaire. L'ensemble de nos résultats dans la tâche de production de cercles (chapitre 2) montre que le sens de rotation de cercles suivi par le sujet dépend de la position de départ et varie selon la main utilisée. La rotation dans le sens anti-horaire est appliquée lorsque le sujet utilise non seulement sa main droite mais aussi sa main gauche, ce résultat divergeant de ceux de Van Sommers (1984), et Glenn et al. (1995), qui rapportent que les droitiers préfèrent la rotation anti-horaire, alors que les gauchers tendent à tracer dans le sens horaire. Ainsi, nous pouvons déduire plusieurs éléments d'après nos observations. Tout d'abord, le fonctionnement de la main gauche est plus influencé par la position de départ du cercle que celui de la main droite. Puis, la tendance à tracer dans le sens anti-horaire est plus élevée avec la main gauche lors de positions de départ situées en haut du cercle, tandis qu'elle est plus importante avec la main droite lors de la rotation débutant en bas du cercle. Néanmoins, la rotation dans le sens horaire n'est pas souvent observée avec la main droite.

Les effets des contraintes biomécaniques ont été plus remarquables dans les résultats de test de barrage de signes (chapitre 5) que dans les autres tâches car les habitudes culturelles n'ont pas eu l'impact attendu sur la tâche de barrage et la facilitation pour les mouvements vers l'extérieur semble influencer la vitesse et la capacité de l'enfant à barrer les signes. En utilisant la main droite, les enfants tendent à barrer les signes plus rapidement et correctement lors du passage de gauche à droite que de droite à gauche. A l'inverse, en ce qui concerne la main gauche, le barrage est plus rapide et correct dans la direction droite-gauche que dans la direction gauche-droite. Cette observation prouve là encore que les mouvements d'extension vers l'extérieur sont sans doute plus rapides, plus précis, et moins

fatigants que des mouvements de flexion vers l'intérieur (Brown, Knauff, Rosenbaum, 1948 ; Barlett, 1957 ; Reed et Smith, 1961 ; Dreman 1974, 1977 ; Van Sommers, 1984). Or, dans les autres tâches, où l'effet culture est révélé, les résultats nous ont montré que les contraintes biomécaniques entrent en compétition avec les effets culturels sur la directionnalité.

IV. Interaction complexe entre les facteurs affectant la directionnalité

La directionnalité est considérée dans notre étude comme le produit émergeant d'une interaction complexe entre les deux types d'influences : les contraintes biomécaniques et les facteurs culturels. Ces deux facteurs interagiraient de façon différente avec l'âge.

- **Conflit entre les habitudes culturelles et les contraintes biomécaniques**

Comme nous l'avions prévu, un conflit entre deux effets est observé : d'une part, l'effet de direction de l'exploration visuelle, et d'autre part, l'effet des contraintes biomécaniques. Ce conflit apparaît chez les syriens, habitués à lire et à écrire dans une direction de droite à gauche, lorsqu'ils utilisent leur main droite, alors que pour les français, ayant des habitudes de lecture et d'écriture de gauche à droite, le conflit entre les tendances biomécaniques et les habitudes culturelles apparaît lorsqu'ils utilisent leur main gauche.

Concernant la main droite, les syriens montrent une préférence directionnelle correspondant à leurs habitudes d'écriture : ils tendent à tracer les segments horizontaux de droite à gauche (chapitre 1), montrent un biais significatif vers la droite dans les tâches visuo-motrices (chapitres 3 et 4), et font le remplissage de points plus rapidement et avec de meilleures performances dans la direction de leur écriture que dans la direction opposée (chapitre 5). Cette observation nous amène à stipuler que les syriens préfèrent la direction droite-gauche, congruente au sens de leur écriture, à la direction gauche-droite, qui correspond à la facilitation biomécanique. Pour les français, ce conflit n'apparaît pas car la direction des mouvements d'extension vers l'extérieur avec la main droite correspond au sens de leur écriture. Ils présentent une préférence de la direction gauche-droite dans les dessins des figures géométriques, présentent un biais directionnel vers la gauche dans la tâche de bissection des lignes et les dessins d'objets en profil, et exécutent le déplacement manuel plus rapidement et mieux dans la direction gauche-droite que dans la direction opposée, répondant ainsi à la fois aux contraintes culturelles et aux contraintes biomécaniques. Les résultats des syriens en utilisant la main droite

confirment ceux de Singh, Viad, et Sakhujia (2000) montrant que l'influence des habitudes de balayage visuel sur la directionnalité est plus notable que l'effet de latéralité.

Concernant la main gauche, la préférence pour les mouvements d'extension de droite à gauche se manifeste dans les deux groupes. En effet, quel que soit le groupe d'étude, les segments des figures géométriques sont tracés dans la direction gauche-droite. Les français et les syriens présentent également plus fréquemment un biais vers la gauche avec la main gauche qu'avec la main droite dans la bissection de lignes, même si le biais gauche avec la main gauche est plus faible que le biais droit avec la main droite chez les syriens. Les résultats dans le chapitre 5 prouvent que les sujets privilégient ces mouvements vers l'extérieur du corps avec la main non dominante parce qu'ils sont plus rapides, plus précis et moins fatigants que des mouvements de fléchissement vers l'intérieur (Barlett, 1957 ; Brown, Knauft & Rosenbaum, 1948) bien que la direction de ces mouvements avec la main gauche s'oppose à la direction des habitudes d'écriture française, car les français adoptent un comportement "miroir" à celui de la main droite pour des contraintes biomécaniques (Reed & Smith, 1961 ; Van Sommers, 1984 ; Braswell & Rosengren, 2000). Cette différence de fonctionnement entre les deux mains s'applique également au sens de rotation de cercles suivi par les sujets. Les deux groupes tracent les cercles de façon plus proche lorsqu'ils utilisent la main gauche plutôt que la main droite car le fonctionnement de la main gauche semble plus influencé par les contraintes exécutives à la base du SRP, dépendant de la position de départ, que par l'apprentissage de l'écriture.

Nos résultats divergent de ceux de Dreman (1974) et de Shanon (1979), suggérant que les facteurs biologiques innés rendent compte de meilleures performances dans des tâches perceptuo-motrices effectuées avec la main droite qu'avec la main gauche, tandis que les gauchers seraient plus sensibles à l'influence environnementale. Nous trouvons que l'effet de la Culture est plus notable lorsque les sujets utilisent la main dominante (droite) alors que le facteur biomécanique est davantage signalé quand les sujets utilisent la main non dominante (gauche) ; en conséquence, un fonctionnement très proche, entre français et syriens, émerge lorsqu'ils utilisent leur main gauche.

- **La force relative des facteurs étudiés au cours de développement**

Conformément à notre attente, l'effet de la main utilisée domine sur la tendance directionnelle chez les enfants avant l'âge où l'instruction systématique d'alphabetisation est introduite. En accord avec Vinter (1994), nos résultats suggèrent que le comportement graphique des plus jeunes enfants est dominé par des propriétés biomécaniques. Dans le chapitre 1, la différence entre les deux mains est plus marquée chez les enfants de 3 et 4 ans, qui respectent plus les règles graphiques avec la main droite qu'avec la main gauche. De façon plus précise, les plus jeunes enfants syriens et français tendent à montrer une préférence directionnelle dans le sens de mouvement d'extension vers l'extérieur

(chapitres 1 et 5). Ce résultat est en accord avec celui de Tan (1982), qui a mis en évidence, avec des enfants australiens de 4 ans, des facteurs innés liés à l'organisation cérébrale. Dans la tâche de bissection de lignes (chapitre 4), les enfants préscolaires français et syriens dévient à droite du milieu objectif, ce qui confirme l'hypothèse de l'activation hémisphérique et de l'ordre du traitement perceptuel (Bradshaw et al. 1983 ; 1985) et de l'immaturation calleuse chez les jeunes enfants : ces deux éléments généraient les deux hémisphères dans leur communication, ce qui conduirait les enfants à bissecter la ligne vers la droite (Chokron & De Agostini, 1995).

Chez les enfants écoliers, la tendance biomécanique est renforcée chez les français car le sens de lecture et d'écriture gauche-droite est congruent au sens des mouvements outward avec la main droite, alors que les enfants syriens commencent à privilégier la direction droite-gauche liée au sens de l'écriture arabe. Par ailleurs, le fonctionnement de la main gauche semble plus influencé par les contraintes biomécaniques. Toutefois, la différence entre les deux mains se réduit avec l'âge chez les enfants dans les tâches de dessins (chapitre 1 et 4), les enfants à l'âge scolaire utilisant des procédures graphiques dans les tâches de production des figures géométriques (chapitre 1), et orientant les dessins d'objets de profil (chapitre 4) de façon similaire avec les deux mains.

L'ensemble des résultats des enfants syriens et français ont mis en évidence le fait que les comportements directionnels des plus jeunes enfants est pleinement déterminé par des facteurs biomécaniques, tandis que ceux des plus âgés est sensible à l'influence environnementale liée à la culture et à l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Ce résultat confirme certaines données dans la littérature (Vinter, 1994, 1999).

A l'âge adulte, l'impact de la main utilisée est plus élevé chez les adultes français que chez les adultes syriens car la direction de l'écriture alphabétique française qui va dans le sens des mouvements « outward » gauche-droite en utilisant la main droite, alors qu'ils adoptent un comportement en « miroir » déterminé par des contraintes biomécaniques. Les adultes syriens privilégient la direction de droite à gauche avec leur main gauche plus qu'avec la main droite, répondant ainsi à la fois aux contraintes biomécaniques et aux contraintes culturelles de leur système d'écriture. Nos résultats montrent que le facteur biomécanique est intervenu chez les adultes, surtout français (chapitres 1 et 4). Toutefois, dans une tâche visuo-spatiale comme la bissection de lignes (chapitre 3), les adultes français ne montrent aucune différence entre les deux mains et dévient toujours vers la gauche alors que les adultes syriens dévient toujours vers la droite.

En considérant globalement le développement des effets manuels et cognitifs, les adultes sont beaucoup plus prédisposés aux influences des contraintes biomécaniques que les enfants dans les tâches de reproduction des figures géométriques (chapitre 1) et de dessin d'objets de profil (chapitre 4). Nous soulignons que les contraintes biomécaniques deviennent plus fortes à l'âge adulte par rapport à l'enfance, surtout dans l'échantillon français, où les enfants de 4 à 9 ans utilisent souvent les

mêmes procédures pour copier les patterns, et ceci davantage avec leur main dominante qu'avec leur main non dominante. Dans environ 40 % des cas, les adultes syriens et français ont inversé l'orientation de leurs dessins en fonction de la main utilisée, tandis que les enfants syriens et français ont eu tendance à garder le même sens d'orientation de leurs dessins, quelle que soit la main utilisée. Cependant, la différence entre les deux mains est moins importante chez les adultes que chez les enfants dans la bissection de lignes.

Les résultats rapportés dans les chapitres 1 et 4 confirment ceux de Braswell et Rosengren (2002) : en effet, ces auteurs ont suggéré que les facteurs cognitifs exercent une plus forte influence sur le comportement du dessin que les contraintes biomécaniques pendant l'enfance, alors que le facteur biomécanique est intervenu chez les adultes. Conformément aux études de Picard et Vinter, (2007), Vinter et Marot (2007), les enfants montreraient moins de flexibilité que les adultes dans l'utilisation de ces représentations mentales, ce qui réduit le rôle des contraintes biomécaniques sur les procédures de copie des figures géométriques et de dessin de profil par les enfants. Alors que la flexibilité chez des adultes leur permettrait de profiter de facilité motrice liée aux mouvements de l'exécution vers l'extérieur pour chaque main utilisée.

V. Nos propositions pour des études à venir

Concernant les résultats des dessins d'objets de profil, les facteurs culturels et cognitifs influencent plus fortement l'orientation de l'objet que les contraintes biomécaniques pendant l'enfance, pour les deux mains, au contraire des adultes, malgré le fait que certaines études dans la littérature aient mis en évidence l'impact de dominance manuelle comme un déterminant majeur de la directionnalité des objets dessinés de profil. Nos résultats dans les dessins de profil vont dans le sens des résultats de nos sujets dans la tâche de production des figures géométriques et vont, de plus, dans le sens de certaines données de la littérature (Vinter, 1994-1999 ; Braswell & Rosengren, 2002). Il apparaît ici un lien entre les règles graphiques de l'organisation syntaxique et la direction dans laquelle le profil est orienté. Il est dommage que nous n'ayons pas observé le schéma suivi par le sujet pour produire le dessin de l'objet en notant le point de départ de dessin et les séquences des mouvements graphiques. Le rapprochement des règles syntaxiques à l'orientation canonique des études à l'avenir devrait fournir une raison pour laquelle les enfants orientent certains objets de façon similaire avec les deux mains.

La directionnalité est une fonction complexe de nombreux facteurs que nous avons abordés : les habitudes de lecture et d'écriture, la main utilisée, et l'âge du sujet. Nous avons négligé l'étude du sexe comme un aspect biologique puisque nous nous sommes intéressées plutôt à l'évaluation de

l'effet de la culture et des contraintes biomécaniques au cours de développement. Nous proposons d'affirmer nos résultats avec cette variable qui devrait ajouter une complexité supplémentaire pour comprendre l'origine de tendances directionnelles dans les tâches graphiques.

Conclusion

Cette recherche apporte des éléments de compréhension sur la directionnalité graphique, soumise à la fois aux facteurs acquis, liés aux habitudes culturelles, ou aux facteurs innés, liés à la latéralisation cérébrale et aux contraintes biomécaniques. Les résultats signifient que la direction d'écriture est un facteur déterminant lorsque la tâche est effectuée avec la main droite (dominante), mais les facteurs culturels et éducatifs peuvent être modulés par le facteur biomécanique lorsque le sujet utilise la main gauche (non dominante). La préférence directionnelle semble être une fonction complexe des habitudes de lecture et d'écriture, de la main utilisée, cette fonction variant selon l'âge du sujet.

Les comportements directionnels graphiques des enfants à l'âge préscolaire sont influencés par les propriétés des contraintes biomécaniques et la différence entre les deux groupes culturels n'apparaît pas encore. À l'âge scolaire, auquel l'enfant commence à apprendre systématiquement à écrire et à lire sa langue maternelle jusqu'à l'âge adulte, les français et les syriens se différencient plus quand ils réalisent les tâches graphiques avec la main droite qu'avec la main gauche, car l'influence des habitudes d'écriture rend compte de leurs résultats lorsque les sujets utilisent la main droite ; la facilité biomécanique influence, elle, le fonctionnement de la main gauche plus que celui de la main droite.

Bibliographie

Bibliographie

- Abed, F. (1991). Cultural Influences on Visual Scanning Patterns. *Journal of cross-cultural psychology*, 22 (4), 525-534.
- Abu-Arab, M., & Dobrotka, G. (1985). Laterality and writing directions. *Studia Psychologica*, 27 (2), 117-124.
- Akhtar S. N. (1973). Wwriting habits muller lyer illusion. *Indian Journal of Psychology*, 7 (1), 26-28.
- Alter, I. (1989). A cerebral origin for “directionality”. *Neuropsychologia*, 27 (4), 563-573.
- Amenomori, M., Kono, A, Fournier, J, S., & Winer, J. A., (1997). A cross-cultural developmental study of directional asymmetries in circle drawing. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 28, 730-742.
- Annett, M. (1985). *Left, right hand and brain : the right shift theory*. Hillsdale (nj), Londres, Lawrence Erlbaum.
- Annett, M. (1970). The growth of manual preference and speed. *British Journal of psychology*, 61, 545-558.
- Annett, M. (1978). *A single gene explanation of right and left handedness and brainedness*. Lanchester Polytechnic.
- Annett, J., Annett, M., Hudson, P. T. W., & Turner, A. (1979). The control of movement in the preferred and non-preferred hands. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31(4), 641-652.
- Annett, M. (1987). La latéralité manuelle des jumeaux : théorie du déplacement à droite. *Bulletin de psychologie*, 381, 747-754.
- Annett, M. (2002). *Handedness and Brain Asymmetry: The Right Shift Theory*. Hove, UK: Psychology Press.
- Auzias, M. (1975). *Enfants gauchers, enfants droitiers : Une épreuve de latéralité usuelle*. neucâtel - Paris, Delachaux & Niestlé.
- Banich, M. T., Heller, V., & Levy, J. (1989). Aesthetic preference and picture asymmetries. *Cortex*, 25, 187-195.
- Bouaziz S, & Magnan A. (2007). Contribution of the visual perception and graphic production systems to the copying of complex geometrical drawings: A developmental study. *Cognitive Development*, 22, 5-15.
- Bartlett, F. C. (1957). *The mind at Work*. London: George Allen & Unwin.
- Benedict, R., (1943). *Patterns of culture*. New York: Houghton Mifflin.
- Bertelson, P. (1971). Listening from left to right versus right to left. *Perception*, 1, 161- 165.
- Bertelson, P., & Tisseyre, F. (1972). Lateral asymmetry in the perceived sequence of speech and nonspeech stimuli. *Perception and Psychophysics*, 11, 356-362.

- Best, C. T., McRoberts, G. W., LaFluer, R., & Silver-Isenstadt, J. (1995). Divergent developmental patterns in infants' perception of two non-native consonant Contrasts. *Infant behaviour and development*, 18, 339-350.
- Blöte, A. W., & Van Haasteren, R. (1989). Developmental dimensions in the drawing behaviour of pre-school. *Journal of Human Movement Studies*, 17, 187-205.
- Bornstein, M. H. (1985). On the development of color naming in young children: Data and theory. *Brain and Language*, 26(1), 72-93
- Botez, M. I. (1992). *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Bowers, D., & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, 18, 491-498.
- Bradshaw, J. L., Nettleton, N. C., Nathan, G., & Wilson, L. E. (1983) Head and body space to left and right, front and rear. II. Visuotactual and kinesthetic studies and left-side underestimation. *Neuropsychologia*, 21, 475-86.
- Bradshaw, J. L., Nettleton, N. C., Nathan, G., & Wilson, L. E. (1985) Bisecting rods and lines: effects of horizontal and vertical posture on left-side underestimation by normal subjects. *Neuropsychologia*, 23, 421-5.
- Bradshaw, J. L., Nathan, G., Nettleton, N. C., Wilson, L. E., & Pierson, J. M. (1987). Why is there a left side underestimation in rod bisection? *Neuropsychologia*, 25, 735-738.
- Bradshaw, J. L., & Bradshaw, J. A. (1988). Rotational and turning tendencies in humans: An analog of lateral biases in rats? *International Journal of Neuroscience*, 39 (3-4), 229-232.
- Bradshaw, J. L., Spataro, J. A., Harris, M., Nettleton, N. C & Bradshaw, J. L. (1988). Crossing the midline by four to eight year old children. *Neuropsychologia*, 26 (2), 221-235.
- Bradshaw, J. L., Bradshaw, J. A., & Nettleton, N. C. (1990). Abduction, adduction and hand differences in simple and serial movements. *Neuropsychologia*, 28(9), 917-31.
- Bradshaw, J. L. (1991). Animal asymmetry and human heredity: Dextrality, tool use and language in evolution-10 years after Walker (1980). *British Journal of Psychology*, 82, 39-59.
- Braine, L. G. (1968). Asymmetries of pattern perception observed in Israelis. *Neuropsychologia*, 6, 73-88.
- Brandt, H. F. (1945). *The psychology of seeing*. New York, NY: The Philosophical Library.
- Braswell, G. S., & Rosengren, K. S. (2000). Decreasing variability in the development of graphic production. *International Journal of Behavioral Development*, 24, 153-166.
- Braswell, G. S., & Rosengren, K. S. (2002). The role of handedness in graphic production: interactions between biomechanical and cognitive factors in drawing development. *British Journal of Developmental Psychology*, 20, 581-599.
- Braswell, G. S., & Rosengren, K. S. (2008). The interaction of biomechanical and cognitive constraints in the production of children's drawing. In C. Lange-Kuttner and A. Vinter (Eds.),

- Drawing and the non-verbal mind: A life-span perspective* (pp. 123-138). Cambridge: Cambridge University Press.
- Brodie, E. E., & Pettigrew, L. E. L. (1996). Is left always right? Directional deviations in visual line bisection as a function of hand and initial scanning. *Neuropsychologia*, *19*(4), 571-581.
- Brown, J. S., Knauff, E. B., & Rosenbaum, G. (1984). The accuracy of positioning reaction as a function of their direction and extent. *American Journal of Psychology*, *61*, 167-182.
- Bryden, M.P. (1982). *Laterality: Functional asymmetry in the intact brain*. New York: Academic Press.
- Bryden, M. P., & Mondor, T. A. (1991). Attentional factors in visual field asymmetries. *Canadian Journal of Psychology*, *45*, 427-447.
- Bryden, M. P., Singh, M., Steenhuis, R. E., & Clarson, K. L. (1994). A behavioural measure of hand preference as opposed to hand skill. *Neuropsychologia*, *32*, 991-999.
- Brysbaert, M., Vitu, F., & Schroyens, W. (1996). The right visual field advantage and the optimal viewing position effect: On the relation between foveal and parafoveal word recognition. *Neuropsychology*, *10*, 385-395.
- Bowers, D., & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, *18*, 491-498.
- Burns, T. C., Yoshida, K. A., Hill, K., & Werker, J. F. (2007). The Development of Phonetic Representation in Bilingual and Monolingual Infants. *Applied Psycholinguistic*, *28*, 455-474.
- Byers-Heinlein, K., Burns, T. F., & Werker, J. F. (2010). The roots of bilingualism in newborns. *Psychological Science*, *21*, 343-348.
- Caplan, P. J., & Kinsbourne, M. (1976). Baby drops the rattle: Asymmetry of duration of grasp in infants. *Child Development*, *47*, 532-536.
- Chamberlin, H. D. (1928). The inheritance of left handedness, *Journal of Heredity*, *19*, 557-559.
- Chen, M. J. (1981). Directional scanning of visual displays. *Journal of Cross Cultural Psychology*, *12*, 252- 271.
- Chokron, S., & Imbert, M. (1993), Influence of reading habits on line bisection. *Brain Research: Cognitive*, *1*, 219-222.
- Chokron, S., & De Agostini, M. (1995). Reading habits and line bisection: a developmental approach. *Cognitive and Brain Research*, *3*, 51-58.
- Chokron, S., & De Agostini, M. (2000). Reading habits influence aesthetic preference. *Cognitive Brain Research*, *10*, 45-49.
- Chokron, S., Bernard, J.M., Imbert, M. (1997), Length representation in each hemisphere : an adaptation of the line bisection paradigm. *Cortex*, *33*, 47-64.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehericy, S., Dehaene- Lambertz, G., Henaff, M. A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, *123*, 291-307.

- Cole, M., & Cagigas, X. (2009). Cognition. In M. Bornstein (Ed.), *Handbook of Cross Cultural Developmental Science* (pp. 127-142). New York NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- Corballis, M. (1986). Fresh fields and postures new: a discussion paper. *Brain Cognit.* 5, 240-252.
- Coren, S. (1995). Family patterns in handedness: Evidence for indirect inheritance mediated by birth stress. *Behavior Genetics*, 25, 517-524.
- D'Andrade, R. (1996). Culture. *Social science encyclopedia* (p. 161-163). London: Routledge.
- Day, H. D. & Day, K. C. (1997). Directional preferences in the rotational play behaviors of young children. *Developmental Psychobiology*, 30 (3), 213-223.
- De Agostini, M., Khamis, A. H., Ahui, M., & Dellatolas, G. (1997). Environmental influences in hand preference: an African point of view. *Brain and Cognition*, 35(2), 151-167.
- De Agostini, M., Curt, F., Tzortzis, C., & Dellatolas, G. (1999). Comparing left and right hand in line bisection at different ages. *Developmental Neuropsychology*, 15, 379-394.
- 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, 333-336.
- De Agostini, M. & Dellatolas, G. (1988). Une épreuve simple pour évaluer la préférence manuelle chez l'enfant à partir de 3 ans. *Enfance*, 41, 139-147.
- De Agostini, M., Kazandjian, S., Cavézian, C., Lellouch, J., & Chokron, S. (2010). Visual aesthetic preference: Effects of handedness, sex, and age-related reading/writing directional scanning experience. *Writing Systems Research*, 2, 105-116.
- Dellatolas, G., De Agostini, M., Jallon, P., Poncet, M., Rey, M., & Lellouch, J. (1988). Mesure de la préférence manuelle dans la population française adulte. *Revue Française de Psychologie Appliquée*, 38(2), 117-135.
- Dellatolas, D. & De Agostini, M. (2004). Développement et plasticité de la Préférence Manuelle chez l'enfant. In J. Fagard (Ed) *Droitiers/Gauchers : des asymétries dans tous les sens* (pp. 71-79). Marseille: Solal.
- Dennis, W., & Raskin, E. (1960). Further evidence concerning the effect of handwriting habits upon the location of drawings. *Journal of Consulting Psychology*, 24, 548-549.
- 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, 125-134.
- Duffau, H., 2008. The anatomo-functional connectivity of language revisited. New insights provided by electrostimulation and tractography. *Neuropsychologia* 46, 927-934.
- Elkind, D. Scott, L. (1962). Studies in perceptual development: I. The decentering of perception. *Child Development*, 33, 619-630.
- Elkind, D., Koegler, R. R. & Go, E. (1964). Studies in perceptual development: II. Part-whole perception. *Child Development*, 35, 81-90.

- Elkind, D. & Weiss, J. (1967). Studies in perceptual development: III. Perceptual exploration. *Child development*, 38, 1135-1161.
- 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*, 8(1), 39-52.
- Fagard, J. (2004). *Droitiers/Gauchers : des asymétries dans tous les sens*. Marseille : Solal.
- Fagard, J. (2004). Que signifie “ être droitier ” (ou gaucher)? In J. Fagard (Ed.), *Droitiers/gauchers: Des asymétries dans tous les sens* (pp. 15-45). Marseille:Solal.
- Fagard, J., Dellatolas, D. & De Agostini, M. (2004). Origine de la latéralité manuelle. In J. Fagard (Ed) *Droitiers/Gauchers : des asymétries dans tous les sens* (pp. 155-164). Marseille: Solal.
- Fagard, J., & Dahmen, R. (2004). Cultural influences on the development of lateral preferences: a comparison between French and Tunisian children. *Laterality: Asymmetries of Body. Brain and Cognition*, 9(1), 67-78.
- Fagard, J., & Lemoine, C. (2006). The role of imitation in the stabilization of handedness during infancy. *J Integr Neurosci*, 5(4), 519-533
- Freeman, N. H. (1980). *Strategies of representation in young children*. London: Academic Press.
- Fischer J.P., (2009). Vers une levée du mystère des écritures en miroir (des chiffres) chez l'enfant. *L'Année Psychologique*, 110 (2), 227-251.
- Fujii, G., Fukatsu, R., Yamadori, A., & Kimura, I. (1995) Effects of age on the line bisection test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17, 41-4. 57.
- Galín, D., Diamond, R., & Herron, J. (1977). Development of crossed and uncrossed tactile localization on the fingers. *Brain and Language*, 4, 588-590.
- Galín, D., Johnstone, J., Nakell, L., & Herron, J. (1979). Development of the capacity for tactile information transfer between hemispheres in normal children. *Science*, 204, 1330-1332.
- Galuske, R. A., Schlote, W., Bratzke, H., & Singer, W. (2000). Interhemispheric asymmetries of the modular structure in human temporal cortex. *Science*, 289, 1946-1949.
- Geertz C., (1973). *The interpretation of cultures*. New York: Basic Books.
- Gesell, A., & Ames, L. B. (1946) the development of directionality. *Journal of Genetic Psychology*, 68, 45-61.
- Gesell, A., & Ames, L. B. (1947). The development of handedness. *Journal of Genetic Psychology*, 70, 155-175.
- Ghent-Braine, L. (1967), *Pattern perception in relation to reading habits*. . Final Report, U .S. Army Medical Research and Development Command, Office of the Surgeon General.
- Glenn, S. M., Bradshaw, K., & Sharp, M. (1995). Handedness and the development of direction and sequencing in children's drawing of people. *Educational Psychology*, 15(1), 11-21.

- 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, 263-281.
- Goodnow, J. J., & Levine, R. A. (1973). "The grammar of action": Sequence and syntax in children's copying. *Cognitive Psychology*, 4, 82-98.
- Goodnow, J. J., Friedman, S., 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, 263-281.
- Goodnow, J. J. (1977). *Children drawing*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gorynia, I. & Egenter, D. (2000). Intermanual coordination in relation to handedness, familial sinistrality and lateral preferences. *Cortex*, 36(1), 1-18.
- Greenfield, P. M., Keller, H., Fuligni, A., & Maynard, A. (2003). Cultural pathways through universal development. *Annual Review of Psychology*, 54, 461-490.
- Gullaud, L., Vinter, A. (1998). Rôle de la vision dans la direction de mouvements graphiques simples. *L'Année Psychologique*, 98, 401-428.
- Habib, M. & Robichon, F. (1999). Dominance hémisphérique. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale. (Neurologie)*. 17-022-C-10, 8p. Paris : Editions Scientifiques et Médicales Elsevier S.A.S.
- Halligan, P.W., Manning, L., & Marshall, P.W. (1991). Hemispheric activation vs. spatio-motor cueing in visual neglect: A case study. *Neuropsychologia*, 29, 165-176.
- Harcum, E. R. & Friedman, S.M. (1963). Reversal reading by Israeli observers of visual patterns without intrinsic directionality. *Canadian Journal of Psychology*, 17, 361-369.
- Hauert, C. A. & Steffen, C. (1987) Gestion des homologues musculaires dans la coordination bimanuelle : Une étude préliminaire chez l'enfant de 7 et 8 ans. *Revue Suisse de Psychologie*, 46, 7-15.
- Hatta, T., Yamamoto, M., & Kawabata, Y. (1984). Functional hemispheric differences in schizophrenia: Interhemispheric transfer deficit or selective hemisphere dysfunction?. *Biological Psychiatry*, 19, 1027-1036.
- Hayes, T. L., & Lewis, D. A. (1993). Hemispheric differences in layer III pyramidal neurons of the anterior language area. *Archives of Neurology*, 50, 501-505.
- 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.
- Hebb, D. O. (1949). *Organization of behavior*. New York: Wiley.
- Hecaen, H., & De Angelergues, R. (1963). *Les gauchers prévalence manuelle et dominance cérébrale*. Paris : Presses universitaires de France.
- Hellige, J. B. (1983). *Cerebral Hemisphere Asymmetry: Method, Theory and Application*. New York : Praeger Press.

- Hepper, P. G., Shahidullah, S., & White, R. (1991). Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia*, 29(11), 1107-1111.
- Hepper, P. G., McCartney, G. R., Shannon E. A. (1998) Lateralised behaviour in first trimester foetuses. *Neuropsychologia* 36 (6), 531–534.
- Heron, W. (1957), Perception as a function of retinal locus and attention. *American Journal of Psychology*, 70, 38-48.
- Hildreth, G. (1950). The developement and training of hand dominance. IV. Developmental problems associated with handedness. *Journal of Genetic Psychology*, 76, 39-100.
- Hines, D. (1977). Differences in tachistoscopic ecoglfition between abstract and concrete words as a function of visual halffield and frequency. *Cortex*, 9 (1), 66-73.
- Isseroff, A., Carmon, A., & Nachshon, I. (1974) Dissociation of hemifield reaction times from verbal stimulus directionality. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 145-149.
- Jensen, B. T. (1952). Left-right orientation in profile drawing. *American Journal of Psychology*, 65, 80-84.
- Jewell, G. & McCourt, M. E. (2000). Pseudoneglect: A review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, 38, 93-110.
- Ji, L., Peng, K., & Nisbett, R. E. (2000). Culture, control, and perception of relationships in the environment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78, 943-955.
- Karev, G. B. (1999). Directionality in right, mixed, and left handers. *Cortex*, 35, 423-431.
- Karev, G. (2006). Response to Taguchi and Noma on “Relationship between directionality and orientation in drawings by young children and adults”. *Perceptual and Motor Skills*, 102, 285-287.
- Keenan, Y. (1972). Effects of Hebrew and English Letters on Children's Perceptual Sets. *Journal of Experimental Child Psychology*, 13 (1), 71-84.
- Kimura, D. (1961) Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli, *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-17.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening, *Cortex*, 3(2), 163-178.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, 33, 193-201.
- Kinsbourne, M. (1972). Eye and head turning indicates cerebral lateralization. *Science*, 176, 539-541.
- Kinsbourne, M. (1973). The control of attention by interaction between the cerebral hemispheres : In S. Kornblum (Ed.), *Attention and performance IV*. London: Academic Press.
- Kinsbourne, M. (1978). Biological determinants of functional bisymmetry and asymmetry. In M. Kinsbourne (Ed.), *Asymmetrical function of the brain* (pp. 3-13). London, Cambridge University Press.
- Kinzler, K. D., Dupoux, E., Spelke, E. S., (2007). The native language of social cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(30), 12577-12580.

- Kugelmass, S., & Lieblich, A. (1970). Perceptual exploration in Israeli children. *Child Development*, 41, 1125-1131.
- Kugelmass, S., Lieblich, A., & Ehrlich, C. (1972). Perceptual exploration in Israeli Jewish and Bedouin children. *Journal of Cross-cultural Psychology*, 3, 345-352.
- Kugelmass, S. & Lieblich, A. (1979). Impact of learning to read on directionality in perception a further cross-cultural analysis. *Flum*, 22, 406-415.
- Lieblich, A., Ninio, A., & Kugelmass, S. (1975). Developmental trend in directionality of drawing in Jewish and Arab Israeli children. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 6, 504-510.
- Luh, K. E. (1995). Line bisection and perceptual asymmetries in normal individuals: What you see is not what you get. *Neuropsychology*, 9, 435-448.
- Laszlo, J. I. & Broderick, P. A. (1985). The perceptualmotor development of drawing. In N. H. Freeman M. V. Cox (Eds.), *Visual order. The nature and development of pictorial representation* (pp. 356-373). London : Cambridge University Press.
- Levinson, S. C. (1997), *Language and Cognition: The Cognitive Consequences of Spatial Description in Guugu Yimithirr*. *Journal of Linguistic Anthropology*, 7, 98-131.
- Luquet, G.H. (1927). *Le dessin enfantin*. Paris : Alcan.
- Lurçat, L. (1974). *Etudes de l'acte graphique*. Mouton.
- Magnan, A., Baldy, R., & Chatillon, J. F. (1999). Organizing principle in 4 to 8 year-old children's drawings of embedded geometric shapes. *Swiss Journal of Psychology*, 58, 3-11.
- Magnan, A., Aimar, J. B., & Baldy, R. (2000). Représentation et exécution d'un dessin modèle composé de figures géométriques élémentaires chez l'enfant de 5 à 8 ans : effet de la tâche et de l'ordre de présentation des figures élémentaires. *Archives de Psychologie*, 68, 199-212.
- Manning, L., Halligan, P. W., & Marshall, J. C. (1990). Individual variation in line bisection: a study of normal subjects with application to the interpretation of visual neglect. *Neuropsychologia*, 28, 647-655.
- Martin, M. & Jones, G.V. (1999). Motor Imagery Theory of a contralateral handedness effect in recognition memory. *Journal of Experimental psychology General*, 128, 256-282.
- Matheny, A. P. (1972). Perceptual exploration in twins. *Journal of experimental child psychology*, 14, 108-116.
- McCartney, G. & HEPPER, P. G. (1999). Development of lateralised behaviour in the human fetus from 12-27 weeks' gestation. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 35, 177-184
- McKeever, W. F., (1974). Does post-exposural directional scanning offer a sufficient explanation for lateral differences in tachistoscopic recognition?. *Perceptual and Motor Skills*, 38, 43-50.
- McManus, I. C., Sik, G., Cole, D. R., Mellon, A. F., Wong, J., & Kloss, J. (1988). The development of handedness in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6, 257-273.
- McManus, I. C. (1991). Genetics of left-handedness. In C. F. Symposium (Ed.), *Biological Asymmetry and Handedness*. Chichester: John Wiley & Sons.

- McManus, I. C. & Bryden, M. P. (1992). The genetics of handedness, cerebral dominance and lateralization. In I. Rapin & S. J. Segalowitz (Eds.), *Handbook of neuropsychology: Vol 6*. Section : Child neuropsychology, Part 1 (pp. 115-144). Amsterdam : Elsevier.
- Melamed, F., & Zaidel, E. (1993). Language and task effects on lateralized word recognition. *Brain & Language, 45*, 70-85.
- Meulenbroek, R., Vinter, A., & Mounoud, P. (1993). Development of the start-rotation principle in circle production. *British Journal of Developmental Psychology, 11*, 307-320.
- Meulenbroek R. & Van Galen G. P. (1988). Foreperiod duration and the analysis of motor stages in a line drawing task, *Acta Psychologica, 69*, 19-33.
- Meulenbroek R. & Van Galen G. P. (1988). The acquisition of skilled handwriting : discontinuous trends in kinematic variables, In A. M Cooley. et J. R. Beech (eds.), *Cognition and action in skilled behavior* (pp. 273-281). Amsterdam : North Holland.
- Michel, G. F., & Harkins, D. A. (1986). Postural and lateral asymmetries in the ontogeny of handedness during infancy. *Dev Psychobiol, 19*(3), 247-258.
- Michel, G. F. (1992). Maternal influences on infant hand-use during play with toys. *Behavior Genetics, 22* (2), 163- 176.
- Minagawa-Kawai, Y., Cristia, A., & Dupoux, E. (2011). Cerebral lateralization and early speech acquisition: A developmental scenario. *Developmental Cognitive Neuroscience, 1*(3), 217-232.
- Mishkin, M., & Forgays, D. G. (1952). Word recognition as a function of retinal locus. *Journal of Experimental Psychology, 43*, 43-48.
- Mohr, C, Landis, T, Bracha, H. S., Fathi, M., & Brugger P. (2003). *Human locomotion: Levodopa keeps you straight. Neuroscience Letters, 339*, 115-118.
- Nachson, I., Shefler, G. E. & Samocha, D. (1977). Directional scanning as a function of stimulus characteristics, reading habits, and directional set. *Journal of Western Washington State College, 1*, 83-99.
- Nachson , 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. *International. Journal of Neuroscience, 25*, 165-174.
- Nachshon, I., Argaman, E., & Luria, A. (1999). Effects of directional habits and handedness on aesthetic preference for left and right profiles. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 30*, 106-114.
- Nihei, Y. (1980). Developmental change in motor organization: Covert principles for the organization of Strokes in drawing in children's drawing. *Toboku Psychologica Folia, 39*, 17-23.
- Nihei, Y. (1983). Developmental change in covert principles for the organization of Strokes in drawing and handwriting. *Acta Psychologica, 45*, 221-232.

- Ninio, A., & Leiblich, A. (1976). The grammar of action: Phrase structure in children's copying. *Child Development, 47*, 846-849.
- Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I., & Norenzayan, A. (2001). Culture and systems of thought: Holistic vs. analytic cognition. *Psychological Review, 108*, 291-310.
- O'Leary, D. S. (1980). A developmental study of interhemispheric transfer in children age 5 to 10. *Child Development, 51*, 743-750.
- Orbach, J. (1967). Differential recognition of Hebrew and English words in right and left visual fields as a function of cerebral dominance and reading habits. *Neuropsychologia, 5*, 127-134.
- Ornstein, H. B., & Meighan, W. B. (1976). Recognition of bilaterally presented words varying in concreteness and frequency: Lateral dominance or sequential processing? *Bulletin of the Psychonomic Society, 7*, 179-180.
- Osterrieth, P. H. (1945). Le test de copie d'une figure complexe, contribution à l'étude de la perception et de la mémoire. *Archives de Psychologie, 30*, 205-353.
- Penhune, V. B., Zatorre, R. J., MacDonald, J. D., & Evans, A. C. (1996) Interhemispheric anatomical differences in human primary auditory cortex: Probabilistic mapping and volume measurement from magnetic resonance scans. *Cereb. Cortex 6*, 661-67
- Pérez-Arce, P. (1999). The influence of culture on cognition. *Archives of Clinical Neuropsychology, 14*, 581-592.
- Petrie, B. F., & Peters, M. (1980). Handedness: Left/right differences in intensity of grasp response and duration of rattle holding in infants. *Infant Behavior and Development, 3*, 215-221.
- Phillips, W. A., Inall, M. & M. Lauder, E. (1985). On the discovery, storage and use of graphic descriptions, In N. H. Freeman, M. V. Cox (Eds) *Visual Order: The Nature and Development of Pictorial Representation*, (pp. 122-134). London, Cambridge University Press.
- Phillips, W. A., Hobb, S. B., & Pratt, F. R. (1978). Intellectual realism in children's drawings of cubes. *Cognition, 6*, 15-33.
- Picard, D., & Vinter, A. (2007). Relations between Procedural rigidity and inter-representations change in children's drawing behaviour. *Child Development, 25*, 521-541.
- Picard, D. (2011). Impact of manual preference on directionality in children's drawings. *Laterality, Asymmetries of Body, Brain and Cognition, 16*, 24-35.
- Reed G. F., & Smith A.C. (1961). Laterality and directional preferences in a simple perceptual-motor task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 13*, 122-124.
- Rice, C., (1930). Excellence of production and types of movements in drawing. *Child Development 1*, 1-14.
- Roeltgen, M. G., & Roeltgen, D. P. (1989). Development of attention in normal children: A possible corpus callosum effect. *Developmental Neuropsychology, 5*, 127-139

- Rönqvist, L., Hopkins, B., Van Emmerik, R., & de Groot, L. (1998). Lateral biases in head turning and the Moro response in human newborn: Are they both vestibular in origin? *Developmental Psychobiology*, *33* (4), 339-349.
- Rousseaux, M., Beis, J. M., Pradat-Diehl, P., Martin, Y., Bartolomeo, P., Bernati, T., Chokron, S., Leclercq, M., Louis-Dreyfus, A., Marchal, F., Perennou, P., Prairial, C., Rode, G., Samuel, C., Sieroff, E., Wiart, L., & Azouvi, P. (2001). Mémoire : Présentation d'une batterie de dépistage de la négligence spatiale. Normes et effets de l'âge, du niveau d'éducation, du sexe, de la main et de la latéralité. *Rev Neurol (Paris)*; *157*: 11, 1385-1400
- Quinn, K., & Geffen, G. (1986). The development of tactile transfer of information. *Neuropsychologia*, *24*, 793-804
- Sakhuja, T., Gupta, G. C., Singh, M., & Vaid, J. (1996). Reading habits affect asymmetries in facial affect judgements: a replication. *Brain and Cognition*, *32*, 162-165.
- Salamy, A. (1978). Commissural transmission : maturational changes in humans. *Science*, *200*, 1409-1411.
- Sampio, E. & Chokron, S. (1992), Pseudoneglect and reversed pseudoneglect. *Neuropsychologia*, *30*, 797-807.
- Sampaio, E., Gouarir, C., & Mvondo, D. (1995). Tactile and visual bisection tasks by sighted and blind children. *Developmental Neuropsychology*, *11*, 109-127.
- Scarisbrick, D. J., Tweedy, J. R., & Kuslansky, G. (1987). Hand preference and performance effects on line bisection. *Neuropsychologia*, *25*, 695-699.
- Scheirs, J. G. M. (1990). Relationships between the direction of movements and handedness in children. *Neuropsychologia*, *28*, 743-748.
- Schenkenberg, T., Bradford, D. C., & Ajax E. T. (1980). Line bisection and unilateral visual neglect in patients with neurologic impairment. *Neurology*, *30*, 509-517.
- Scribner, S. & Cole, M. (1981). *The Psychology of Literacy*. Cambridge: Harvard University Press.
- Seldon, H. L., (1981). Structure of human auditory cortex. II: Axon distributions and morphological correlates of speech perception. *Brain Research* *229*, 295-311.
- Shannon, L. (1978). Left-right sequencing in unschooled children: A function of learning or maturation. *Perceptual and Motor Skills*, *47*, 971-976.
- Shanon, B. (1979). Grapological patterns as a function of handedness and culture. *Neuropsychologia*, *17*, 457-465
- Shimizu, A. & Endo, M. (1983) Handedness and familial sinistrality in a Japanese student population, *Cortex*, *19* (2), 265-272
- Shimrat, N. (1973). The impact of laterality and cultural background on the development of writing skills. *Neuropsychologia*, *11*(2), 239-242


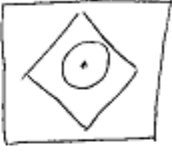

















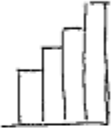







- Schmidt, S. L., Oliveira, R. M., Krahe, T. E., & Filgueiras, C.C.(2000). The effects of hand preference and gender on finger tapping performance asymmetry by the use of an infra-red light measurement device. *Neuropsychologia*, 28, 529-534
- Shore, B. (1996). *Culture in mind: Cognition, culture, and the problem of meaning*. New York: Oxford Press.
- Simner, M. L. (1981). The grammar of action and children's pruning. *Developmental Psychology*, 17, 866-877.
- Simner, M. L. (1984). The grammar of action and reversal errors in children's printing. *Developmental Psychology*, 20, 136-142.
- Singh, M., Vaid, J., & Sakhuja, T. (2000). Reading/writing vs handedness influences on line length estimation. *Brain and Cognition*, 43, 398-402.
- Stott D. H., Moyes F. A., & Henderson S. E. (1972). *Test of Motor Impairment*. Guelph: Brook Educational Publishing Limited.
- Taguchi, M., & Noma, Y. (2005). Relationships between directionality and orientation in drawings by young children and adults. *Perceptual and Motor Skills*, 101, 90-94.
- Taguchi, M. (2010). Cultural differences in drawing movements between right-handed Japanese and German participants. *Psychological Reports*, 107, 329-335.
- Takala, M. (1951). *Asymmetries of the visual space*. Annales Scientiarum Fennicae.
- Tan, L. E. (1982). Laterality and directional preferences in preschool children. *Perceptual and Motor Skills*, 55, 863-870.
- Tapley S. M., & Bryden M. P. (1985). A group test for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia*, 23(2), 215-221.
- Tarmer, O., Butler, B. & Mewhort,, D. (1985). Evidence for scanning with unilateral presentation of letters. *Brain Lang.* 25, 1-18.
- Thomassen, A. J. W. M. & Teulings, H. H. M. (1979). The development of directional preference in writing movements. *Visible Language*, 13, 299-313.
- Thomassen, A. J. W. M. & Tibosch, J. C. M. (1991). A quantitative model of graphic production. In J.Requin and G.E. Stelmach (Eds.), *Tutorials in motor neuroscience* (pp. 269-281). Dordrecht Netherlands: Kluwer.
- Thomassen, A. J.W .M. (1992). Interaction of cognitive and biomechanical factors in the organization of graphic movements. In G. E. Stelmach and J. Requin, (Eds.), *Tutorials in motor behaviour II.*, (pp. 249-261). Amsterdam: North Holland.
- Thomassen, A. J. W. M., Meulenbroek, R., & Hoofs, M., (1992). Economy and anticipation in graphique stroke sequences. *Human Movement Science*, 11, 71-82.
- Trehub,S. E. (1976). The Discrimination of Foreign Speech Contrasts by Infants and Adults. *Child Développement*, 47, 466-472


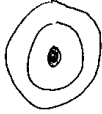





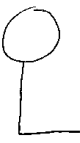

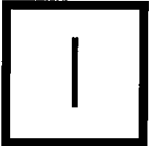


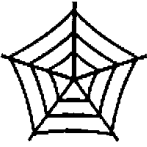
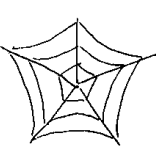



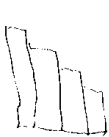
- Vaid, J. & Singh, M. (1989). Asymmetries in the perception of facial affect: Is there an influence of reading habits? *Neuropsychologia*, 27, 1277-1287
- Vaid, J. (1995). Script directionality influences nonlinguistics performance: Evidence from Hindi and Urdu. In Taylor I. & Olseon D. (Eds.), *Scripts and literacy: reading and learning to read alphabets* (pp. 295-310). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Vaid, J. (1998). Cultural versus biomechanical influences on a graphic production task. *Brain and Cognition*, 37(1), 75-78.
- Vaid, J., Singh, M., Sakhuja, T. & Gupta, G. C. (2002). Stroke direction asymmetry in figure drawing: Influence of handedness and reading/writing habits. *Brain and Cognition*, 48 (2/3), 597-602.
- Vaid, J. (2011). Asymmetries in representational drawing: Alternatives to a laterality account. In Maass, A. & Schubert, T. (Eds.), *Spatial dimensions of social thought* (pp. 233-256). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Van Sommers, P. V. (1984). *Drawing and cognition: Descriptive and experimental studies of graphic production processes*. London: Cambridge University Press.
- Van Tol-Geerdink, J. J., Sparling, J. W., & Chescheir, N. (1995). The development of hand movement in utero. *Amer. J. Obstet. Gynecol.*, 1 .(2), 330.
- Viggiano, M. P., & Vanucci, M. (2002). Drawing and identifying objects in relation to semantic category and handedness. *Neuropsychologia*, 40, 1482-1487.
- Vinter, A. 1990. 'Manual imitations and reaching behaviors: An illustration of action control in infancy', in Bard, Fleury and Hay (eds.), *Development of eye-hand coordination across the life span*, Columbia: University of South Carolina Press, pp.157-187.
- Vinter, A. & Meulenbroek, R. (1993). The role of manual dominance and visual feedback in circular drawing movements. *Journal of Human Movement Studies* 25, 11-37.
- Vinter, A. (1994). 'Hierarchy among graphic production rules: A developmental approach', in Faure, Keuss, Lorette and Vinter (eds.), *Advances in Handwriting and Drawing: A multidisciplinary approach* (pp. 275-288). Paris: Europia.
- Vinter, A. (1999). How meaning modifies drawing behavior in children. *Child Development*, 70(1), 33-49
- Vinter, A., & Marot, V. (2007). The development of context sensitivity in children's graphic copying strategies. *Developmental Psychology*, 43, 94-110.
- Vuillerme, N., Nougier, V., Camicioli, R. (2002). Veering in human locomotion: automatic and controlled processes. *Neuroscience Letters*, 331, 175-178.
- 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.
- Weiss, A.A. (1969). Directionality in four Bender-Gestalt figures. *Perceptual and. Motor Skills*, 29, 59-62.

- Weiss, A.A. (1971). Directionality in four Bender-Gestalt figures II. *Perceptual and Motor Skills*, 32(2), 412-414.
- Weiss, A.A. (1975). Directionality in four Bender-Gestalt figures III. *Perceptual and Motor Skills*, 40(2), 595-598.
- Werker, J. F., Maurer, D. M. & Yoshida, K. (2009). Perception. In M. Bornstein (Ed.), *Handbook of Cross Cultural Developmental Science* (pp. 89-125). New York NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- Yamadori, A. (2000). Neuropsychological model of reading based on Japanese experiences. *Psychologia*, 40, 1-14.
- Zapotocna, O. (1997). Directionality in circle drawing in relation to age, sex, handedness and hand used. *Studio Psychologica*, 39 (3), 187-159.
- Zazzo, R. (1950). Le geste graphique et la structuration de l'espace, *Enfance*, 3-4, 204-220.
- Zazzo, R. (1972). Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Zivotofsky, A. Z. (2004). Choosing sides: lateralization in line trisection and quadrisection as a function of reading direction and handedness. *Brain Res Cogn Brain Res*, 20(2), 206-211.

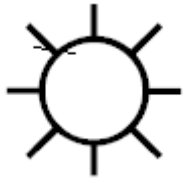
Les Annexes

Annexe 1 : Exemple de figures géométriques reproduit par un adulte français.

	Main dominante	Main non dominante
		
		
		
		
		
		
		
		
		

		
4	4	4
		
		
		
b	b	b
		
		
ग	ग	ग

Annexe 2 : Les principes codés pour chaque modèle



Modèle 1

Le soleil (modèle1) :

- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- Ancrage fluide
- Start Rotation Principal (SRP)
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire

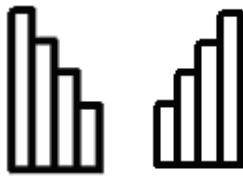


Modèle 2

L'enveloppe (modèle 2) :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- le principe des parallèles
- le nombre de levers de crayon

L'escalier descendant (modèle 3), et l'escalier ascendant (modèle 4):



Modèle3 Modèle 4

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- le principe des parallèles
- les stratégies décomposées
- le nombre de levers de crayon



Modèle 5

L'araignée (modèle 5) :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ en haut et continuer en descendant vers la gauche
- Le principe modèle / fond
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire
- le nombre de levers de crayon



Modèle 6

La table (modèle 6) :

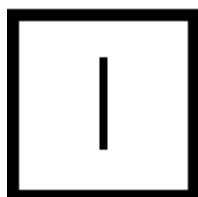
- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- Le départ en haut et continuer en descendant vers la gauche
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- le principe des parallèles
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- Start Rotation Principle (SRP)
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire
- le nombre de levers de crayon



Modèle 7

L'interdiction (modèle 7) :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- La direction de la ligne à l'intérieur de la modèle est de gauche à droite
- le principe des parallèles
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- le nombre de levers de crayon



Modèle 8

Le boîte (modèle 8) :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- La direction de la ligne à l'intérieur de la modèle est de haut en bas
- le principe des parallèles
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- le nombre de levers de crayon



Modèle 9

X (modèle 9) :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- Le départ en haut et continuer en descendant vers la gauche
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- le principe des parallèles
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- le nombre de levers de crayon



Modèle 10

Les lunettes (modèle 10) :

- Le départ à gauche pour la modèle au-dessus
- La direction de gauche à droite pour la modèle au-dessus
- Le départ à gauche pour la modèle au-dessous
- La direction de gauche à droite pour la modèle au-dessous
- le nombre de levers de crayon



Modèle 11

(Modèle 11) :

- Le départ au gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- L'ancrage fluide
- Le nombre de levers de crayon



Modèle 12

(Modèle 12) :

- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- Le nombre de levers de crayon



Modèle 13

La clé (modèle 13) :

- Le départ en haut
- La direction de gauche à droite
- L'ancrage fluide
- Le (SRP) Start Rotation Principal
- Le principe de la rotation dans les sens anti-horaire
- Le nombre de levers de crayon



Modèle 14

Les cercles (modèle 14) :

- Le (SRP) Start Rotation Principe
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire



Modèle 15

La lettre d (modèle 15) :

- Le départ en haut
- Le départ avec une ligne vertical
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire
- Le nombre de levers de crayon



Modèle 16

La lettre b (modèle 16) :

- Le départ en haut
- Le départ avec une ligne verticale
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire
- Le nombre de levers de crayon



Modèle 17

Le chiffre 4 (modèle 17) :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- Le nombre de levers de crayon

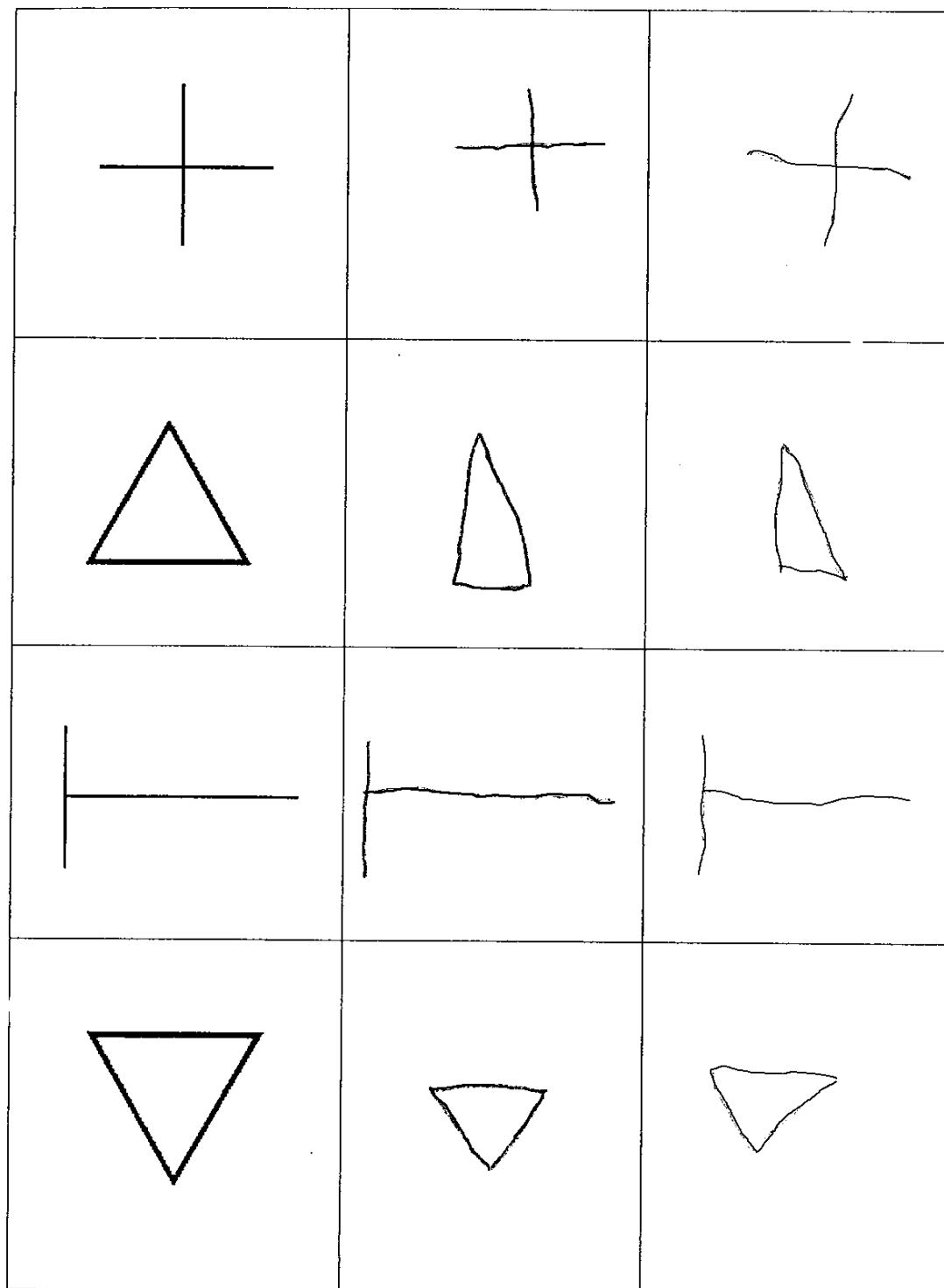


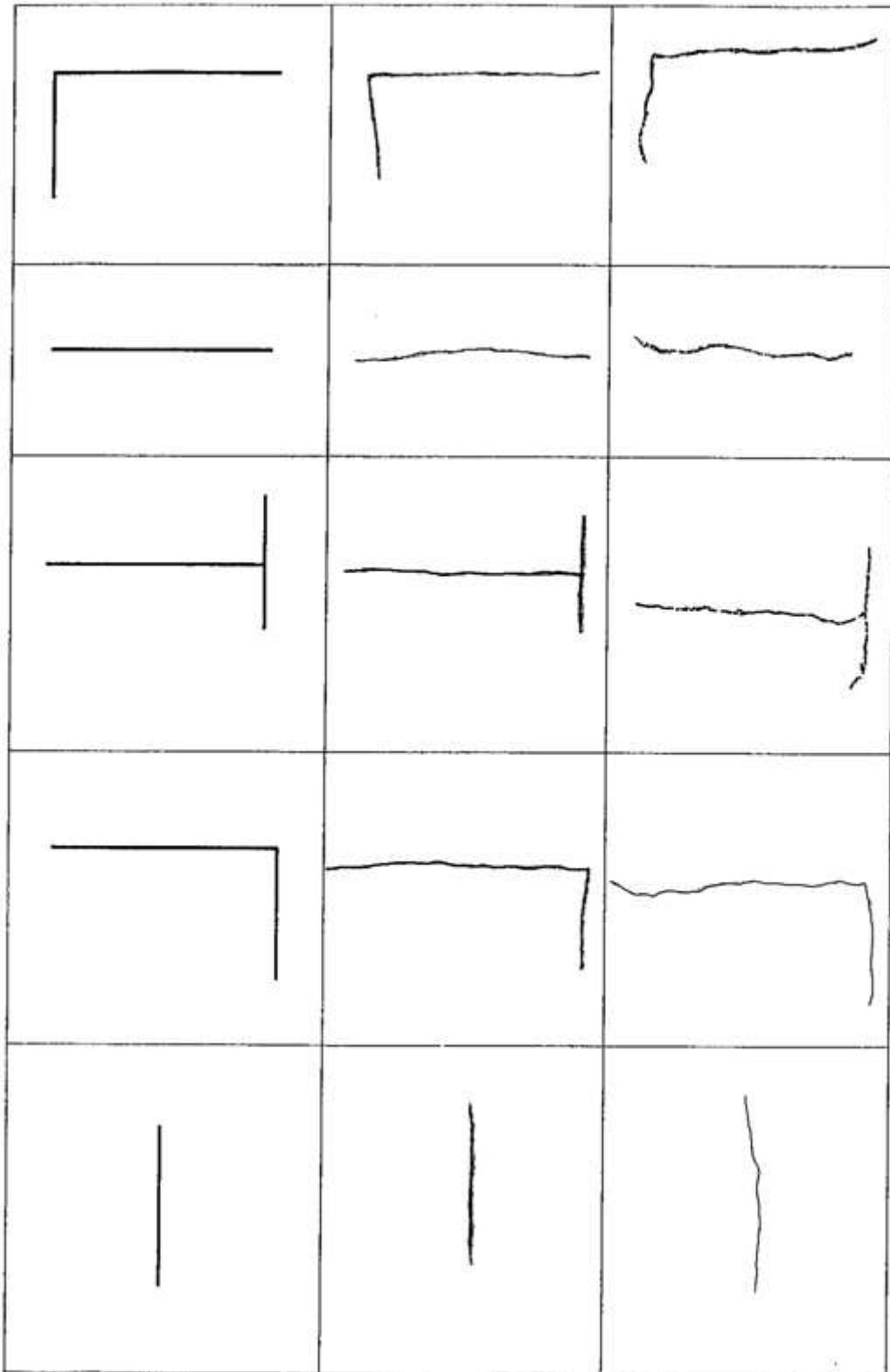
Modèle 18

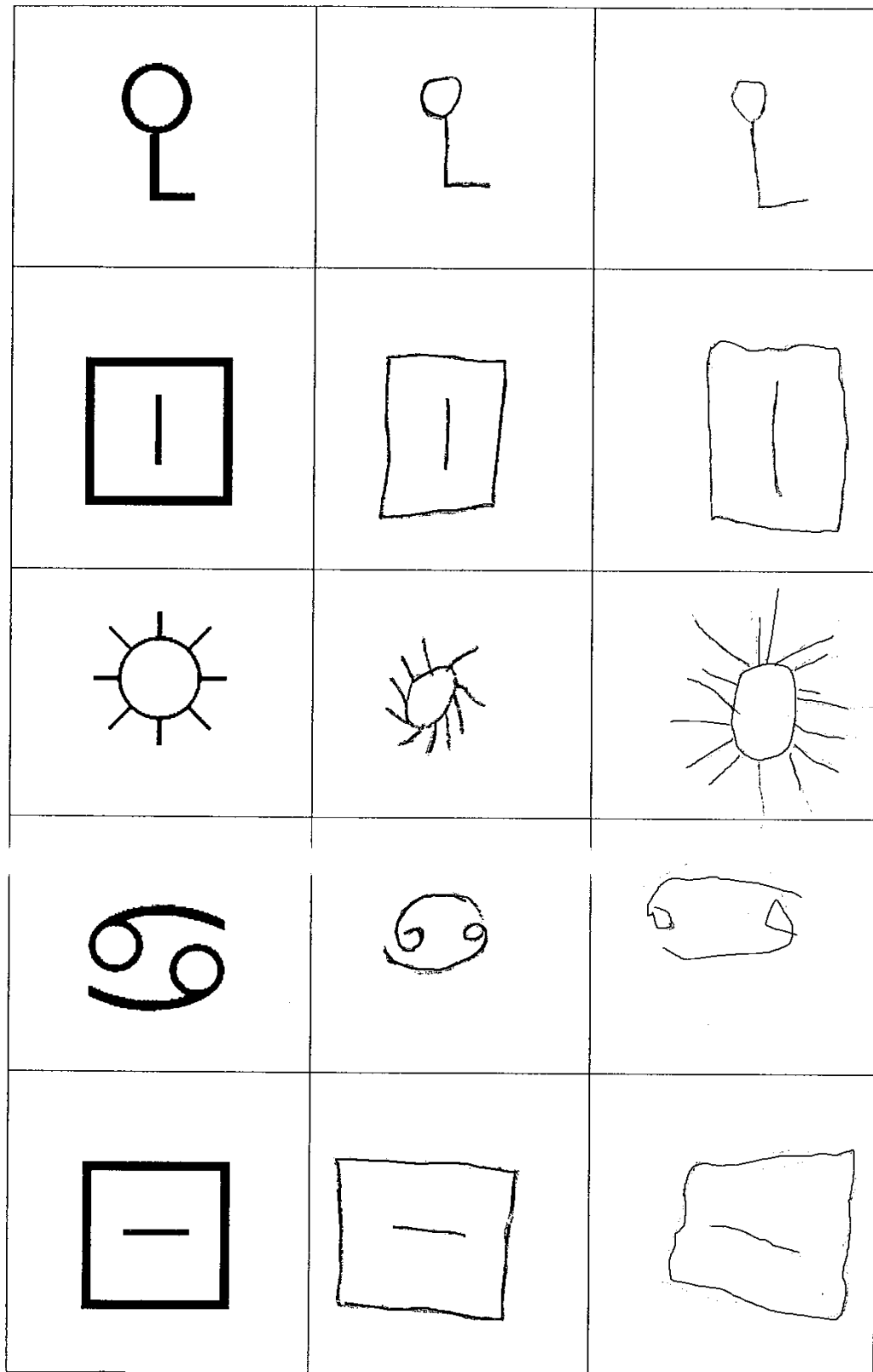
Le chiffre 8 (modèle 18) :

- Le départ en haut
- Le principe de la rotation dans le sens anti-horaire
- Le nombre de levers de crayon

Annexe 3 : Exemples d'une tâche de la production des figures géométriques reproduit par un enfant syrien de 7 ans.







Annexe 4 : Les principes codés pour chaque modèle



Modèle 1

Modèle 1 :

- Départ en haut



Modèle 2

Modèle 2

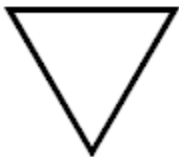
- Le départ à gauche



Modèle 3

Modèle 3

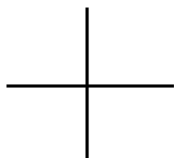
- Le départ en haut et continuer en descendant vers la gauche
- Le départ en bas et à gauche
- La direction de gauche à droite
- Le nombre de levers de crayon
- Forme correcte



Modèle 4

Modèle 4 :

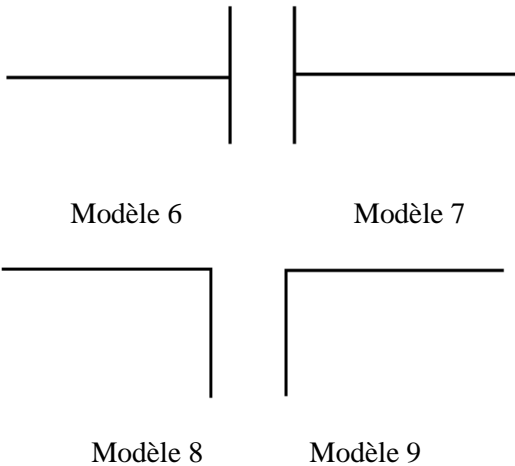
- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- La direction de gauche à droite
- le nombre de levers de crayon
- forme correcte



Modèle 5

Modèles 5:

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- Le nombre de levers de crayon
- Forme correcte



Modèles 6, 7, 8, et 9 :

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- L'ancrage fluide
- Le nombre de levers de crayon
- Forme correcte
- Production en miroir

Modèle 10 :



Modèle 10

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- La direction de la ligne à l'intérieur de la modèle est de haut en bas
- le principe des parallèles
- Le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- le nombre de levers de crayon
- Forme correcte

L'interdiction (modèle 11) :



Modèle 11

- Le départ en haut
- Le départ à gauche
- Le départ avec une ligne verticale
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- La direction de la ligne à l'intérieur de la modèle est de gauche à droite
- le principe des parallèles
- le principe de l'extérieur vers l'intérieur
- le nombre de levers de crayon
- Forme correcte



Modèle 12

Les lunettes (modèle 12) :

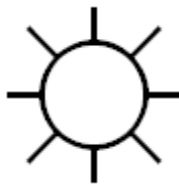
- Le départ à gauche pour la modèle au-dessus
- La direction de gauche à droite pour la modèle au-dessus
- Le départ à gauche pour la modèle au-dessous
- La direction de gauche à droite pour la modèle au-dessous
- le nombre de levers de crayon
- Forme correcte



Modèle 13

La clé (modèle 13) :

- Le départ en haut
- La direction de gauche à droite
- L'ancrage fluide
- Le principe de la rotation dans les sens anti-horaire
- Le (SRP) Start Rotation Principal
- Cercles correcte
- Le nombre de levers de crayon
- Forme correcte



Modèle 14

le soleil (modèle14) :

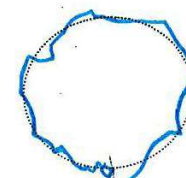
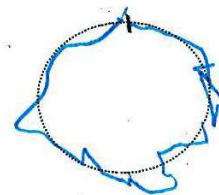
- La direction de haut en bas
- La direction de gauche à droite
- L'ancrage fluide
- Le principe de la rotation dans les sens anti-horaire
- Le (SRP) Start Rotation Principal
- forme correcte
- Ajouter des elements

Annexe 5 : Exemple d'un test de production de cercles réalisé par un enfant français de 4 ans

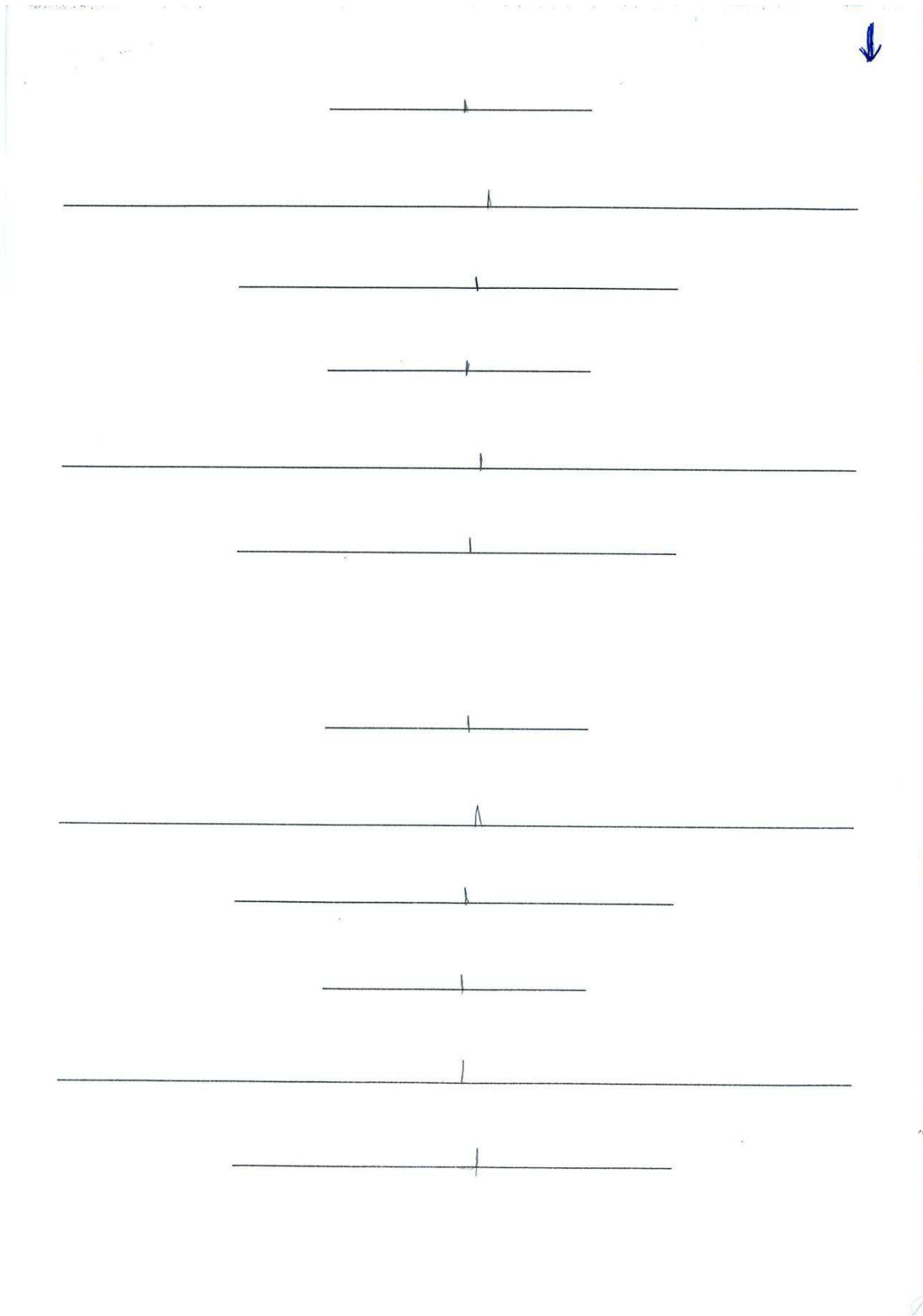
Main droite



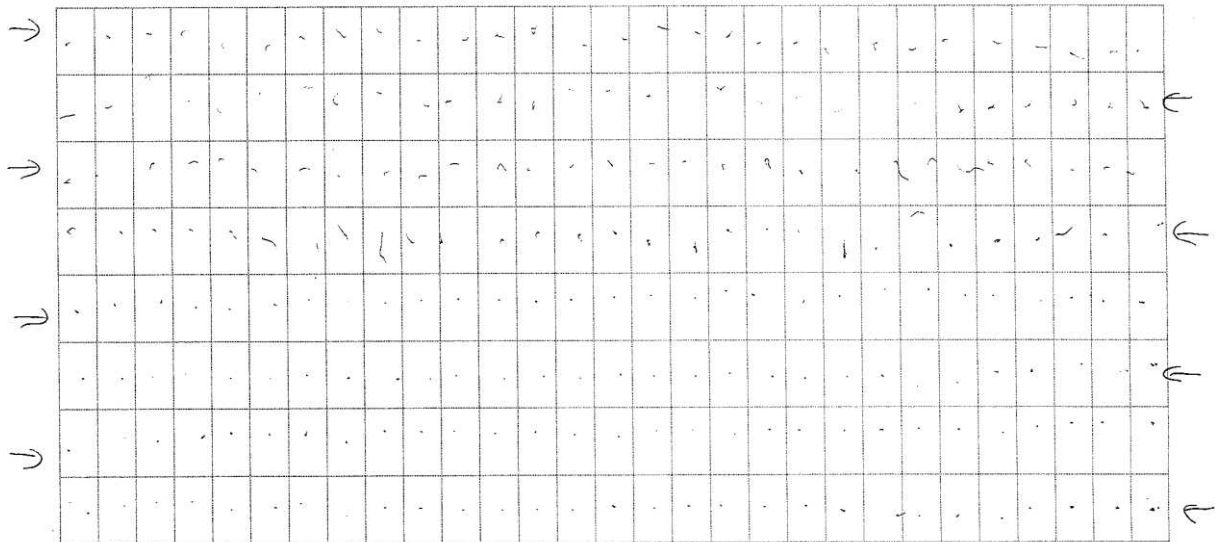
Main gauche



Annexe 6 : Exemple d'une tâche de la bissection de lignes réalisée par une fille syrienne de 7 ans



Annexe 7 : Exemple d'un test de remplissage de points réalisé par un enfant français de 6 ans



Annexe 8 : Exemple d'un test de barrage réalisé par un enfant syrien de 10 ans

Main gauche

Main droite

