Nouveaux éclairages sur l'écriture en miroir des enfants de l'école maternelle

New lights on mirror writing at nursery school

*Nuevos enfoques sobre la escritura en espejo de los niños de educación infantil
de segundo ciclo*

Neue Elemente über die Spiegelschrift von Kindern an der Vorschule

Jean-Paul Fischer

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rfp/3106>

DOI : 10.4000/rfp.3106

ISSN : 2105-2913

Éditeur

ENS Éditions

Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2011

Pagination : 99-112

ISBN : 978-2-84788-320-6

ISSN : 0556-7807

Référence électronique

Jean-Paul Fischer, « Nouveaux éclairages sur l'écriture en miroir des enfants de l'école maternelle », *Revue française de pédagogie* [En ligne], 175 | avril-juin 2011, mis en ligne le 11 juin 2005, consulté le 08 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rfp/3106> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rfp.3106>

Nouveaux éclairages sur l'écriture en miroir des enfants de l'école maternelle

Jean-Paul Fischer

Avec l'enseignement systématique de l'écriture des caractères (chiffres et lettres) et des prénoms à l'école maternelle, se pose la question du pourquoi et du comment de l'écriture en miroir par les enfants de 5 ou 6 ans. Les progrès des neurosciences et nos investigations empiriques récentes apportent de nouveaux éclairages à cette question ancienne. L'importance des facteurs contextuels est ainsi mise en lumière. C'est le cas par exemple lorsque les enfants écrivent successivement la lettre C et le chiffre 3 : 73 % de ceux qui ont écrit correctement C écrivent le 3 suivant en miroir (c'est-à-dire Ɔ), alors que seuls 10 % de ceux qui ont écrit C en miroir (c'est-à-dire Ɔ) écrivent le 3 suivant en miroir. C'est également le cas lorsque les contraintes spatiales (place insuffisante à droite) les y poussent : plus de 50 % des enfants écrivent spontanément leur prénom en miroir (au moins en partie).

Mots-clés (TESE) : compétences d'écriture, éducation pré-primaire, apprentissage précoce, développement de l'enfant.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, dès la moyenne section (MS) d'école maternelle, il est demandé aux élèves d'écrire leur prénom en majuscules d'imprimerie en respectant l'horizontalité et l'orientation de gauche à droite. Ensuite, en grande section (GS), ils doivent savoir écrire de mémoire leur prénom en écriture cursive, ainsi que la plupart des lettres. En mathématiques, l'apprentissage du tracé des chiffres doit se faire avec la même rigueur que celui des lettres. Or on sait, depuis longtemps, qu'aux âges des MS et GS, la latéralisation de l'enfant est loin d'être achevée : Binet (1911), dans une correction de sa célèbre échelle métrique de l'intelligence, plaçait l'item « Main droite. Oreille gauche » à l'âge de

sept ans. Un tel âge est toujours actuel : ainsi, selon Bee et Boyd (2008), la perception des objets se latéralise vers six ans, mais la capacité à situer sa droite et celle d'une personne qui lui fait face ne se développe chez l'enfant généralement pas avant huit ans. Les exigences des programmes scolaires relativement à l'écriture, à un âge où la question de l'orientation gauche-droite est loin d'être maîtrisée, conduisent alors les enseignants de maternelle à observer fréquemment des écritures en miroir.

L'écriture en miroir est ainsi qualifiée car, si on la présente de manière adéquate devant un miroir, le miroir renvoie l'écriture usuelle, correcte. Une écriture en miroir est complète lorsque l'enfant écrit les mots

(voire les phrases), ou nombres, de droite à gauche et en inversant l'orientation de chacune des lettres ou chiffres (par exemple, AJRAO et 01 pour, respectivement, CARLA et 10). Lorsque, dans l'écriture des mots ou des nombres, l'enfant inverse simplement des lettres ou chiffres en écrivant les mots ou nombres de gauche à droite (par exemple, CARJA et 10), ou écrit de droite à gauche sans inverser les lettres ou chiffres (par exemple, ALRAC et 01), cette écriture n'est que partiellement en miroir. Pour les lettres ou chiffres isolés, l'écriture en miroir ne peut guère être que complète. Cette écriture en miroir, bien qu'elle puisse impressionner des adultes qui ont perdu (dans notre culture) la faculté spontanée d'écrire de droite à gauche ou d'inverser l'orientation des lettres ou chiffres, suscite surtout l'inquiétude des enseignants ou des parents. Ces derniers peuvent en effet craindre qu'elle soit un premier indice d'une dysgraphie, voire d'une dyslexie ou d'une dyscalculie.

Ce phénomène d'écriture en miroir a retenu l'attention des psychologues, consécutivement à son identification par Buchwald en 1878. Lochte (1896), en Allemagne, réalisa une étude empirique sur plus de 3 000 élèves, alors que Fuller (1916), aux États-Unis, publiait une monographie sur le sujet. Ainsi Blom (1928) a déjà pu publier une revue de 81 articles sur ce thème. Dans les années vingt, la théorie neurologique explicative de la dyslexie d'Orton (1925) a postulé une représentation bi-hémisphérique des lettres : normales dans l'hémisphère gauche et en miroir dans l'hémisphère droit, chez les sujets droitiers. De ce fait, elle a largement contribué à populariser la question de l'écriture en miroir dans la littérature neuropsychologique. Si bien qu'aujourd'hui il existe un nombre considérable d'articles dans les revues neuropsychologiques (pour une revue antérieure à 2007, voir Della Sala & Cubelli, 2007). Les pédagogues ont toutefois continué à s'intéresser aussi au phénomène. Mais comme, autrefois ou dans d'autres pays, l'école maternelle (*kindergarten* aux États-Unis) était loin d'être aussi systématiquement fréquentée et structurée en termes d'objectifs d'apprentissage, les observations statistiques empiriques portaient surtout sur des enfants de l'école élémentaire (Hildreth, 1934 ; Legrün, 1931 ; Lewis & Lewis, 1965 ; Schiller, 1932). Ce n'est que plus récemment que Simner (1981, 1982, 1984), puis Della Sala et Cubelli (2007 ; Cubelli & Della Sala, 2009), et nous-mêmes (Fischer, 2010a, 2010b, 2011 ; Fischer & Tazouti, 2011), se sont intéressés à la question à propos des enfants de l'école maternelle. Ces apports empiriques, éclairés notamment par la théorisation neuropsychologique de Dehaene (2005, 2007 ; Dehaene, Nakamura, Jobert *et al.*, 2010 ; Pegado,

Nakamura, Cohen *et al.*, 2011), ont été décisifs dans le renouvellement des idées sur la question de l'écriture en miroir chez l'enfant de quatre à six ans à développement typique. L'objet de cet article est de présenter ces éclairages nouveaux.

POURQUOI LES ENFANTS ÉCRIVENT-ILS AUSSI FACILEMENT EN MIROIR ?

La théorie du « recyclage neuronal » de Dehaene (2007) nous aide à développer notre réponse. Selon cette théorie, si l'enfant écrit spontanément en miroir, souvent sans s'en rendre compte, c'est que son système visuel le « force à symétriser les objets qu'il voit » (Dehaene, 2007, p. 346). De ce fait, ce qu'il apprend dans un sens est aussitôt généralisé par « symétrisation » en miroir, grâce aux neurones de la voie visuelle ventrale (occipito-temporale), qui est connue pour être spécialisée dans la reconnaissance des formes (Ungerleider & Mishkin, 1982). Plus précisément, ce sont des neurones d'une aire de la voie ventrale, connue sous le nom d'« aire de la forme visuelle des mots », qui doivent être recyclés pour *in fine* ne plus généraliser en miroir. Pegado, Nakamura, Cohen *et alii* (2011) ont en effet montré que cette aire distingue l'orientation gauche-droite des lettres (minuscules) isolées, mais préserve, chez les lecteurs habiles, l'identité d'une image et de son miroir, au moins pour des images simples, d'une complexité appariée à celle des lettres. Des raisons évolutives expliquent probablement une telle généralisation par symétrisation : Dehaene cite l'exemple d'un de nos ancêtres qui aurait survécu à une rencontre avec un tigre venant de la droite ; il est évidemment avantageux pour sa survie future de le reconnaître au premier coup d'œil lorsqu'il surgit de la gauche ! La reconnaissance des visages, si importante dans les relations sociales, a certainement bénéficié aussi de cette généralisation. À ce sujet, il est intéressant d'observer que l'aire de la forme visuelle des mots joue un rôle majeur dans la reconnaissance des visages chez les personnes illettrées ; « chez les lettrés, la région qui code les visages dans l'hémisphère gauche est un peu rétrécie, et le traitement des visages s'est en partie déplacé vers l'hémisphère droit », précise Pegado (interrogé dans Abadie, 2011, p. 47).

Cette généralisation par symétrisation est gênante pour la lecture et l'écriture des lettres et chiffres asymétriques : l'enfant doit donc la « désapprendre ». Le mécanisme précis de ce désapprentissage – assigna-

tion de détecteurs neuronaux qui ne généralisent pas en miroir ? – n'est pas encore très bien connu. Mais le fait important, pour le pédagogue, est qu'un tel recyclage neuronal s'étend sur une durée de quelques mois. Durant cette période « critique », l'enfant connaît donc la forme des (ou de certaines) lettres et des (ou de certains) chiffres, mais ignore leur orientation gauche-droite. Par référence aux observations canadiennes de Cornell (1985), Dehaene (2007) situe cette période vers 5-6 ans. Nos propres observations sont en accord avec un tel âge mais, comme le suggèrent Della Sala et Cubelli (2007), la variable critique pourrait être l'âge d'acquisition de l'écriture plutôt que l'âge chronologique.

Le fait que l'enfant n'ait pas consolidé l'orientation de l'écriture d'un caractère dans sa mémoire visuelle pourrait cependant ne pas être réhibitoire pour sa production correcte. Il suffirait, en effet, qu'il ait consolidé, dans sa mémoire motrice, le geste moteur produisant ce caractère. Mais la méconnaissance de la direction motrice est tout aussi remarquable que celle de la direction visuelle. Selon Della Sala et Cubelli (2007), elle l'est même davantage. Pour ces auteurs, l'écriture en miroir peut être conçue comme le symptôme le plus apparent d'un déficit général relatif à toutes les tâches exigeant l'apprentissage d'une direction motrice spécifique. Ils proposent, en conséquence, de voir dans l'écriture en miroir une forme spécifique d'apraxie affectant la direction d'actions « sur-apprises ». Nous ne reprendrons pas cette expression d'« apraxie directionnelle », d'une part parce que l'enfant de GS n'a pas encore « sur-appris » l'action d'écrire les lettres et chiffres, d'autre part parce qu'elle suggère par trop un dysfonctionnement pour ce qui est, selon nous, une étape normale du développement de l'enfant. En revanche, nous reprendrons volontiers le constat de bon sens selon lequel, « avant que les paramètres de la direction d'écriture soient fixés par l'expérience et l'exercice, le système cognitif directionnel de l'enfant est nécessairement dichotomique à la naissance afin de lui permettre de se conformer à des langages s'écrivant vers la gauche ou la droite » (Della Sala & Cubelli, 2007, p. 22). Les théories neurologiques contemporaines expliquent donc bien pourquoi les enfants écrivent aussi facilement dans un sens que dans l'autre, et pourquoi une écriture apprise dans un sens peut aisément être produite par l'enfant dans l'autre sens, sans autre forme d'apprentissage. Mais elles n'expliquent pas tout.

L'ÉCRITURE EN MIROIR N'AFECTE PAS UNIFORMÉMENT TOUS LES CARACTÈRES

Les théories neurologiques n'expliquent pas pourquoi l'écriture en miroir affecte différemment les divers caractères (chiffres et lettres majuscules). La figure 1 a été construite à partir de l'observation de 356 enfants à la fin du 2^e et au début du 3^e trimestre de l'année 2010. Leur âge moyen (en années ; mois) était 5 ; 8 (âges extrêmes : 5 ; 0 et 6 ; 5). Ces enfants devaient écrire, sous la dictée, 31 caractères asymétriques¹. La figure 1 présente, pour chaque caractère, son pourcentage d'écriture en miroir ; une écriture en miroir d'enfant, dont le prénom abrégé et l'âge sont précisés, illustre chacune des écritures en miroir. Les pourcentages indiqués doivent cependant être pris avec précaution car les variables contextuelles qui influencent considérablement l'écriture en miroir des enfants (voir par la suite) les ont certainement affectés. Mais nos autres observations confirment, dans leurs grandes lignes, les pourcentages (surtout relatifs) présentés dans la figure 1. Au-delà de cette réserve, les résultats paraissent très nets : les chiffres 1, 2, 3, 7 et 9 sont beaucoup plus écrits en miroir que les chiffres 4, 5, et 6, et les lettres J et Z le sont beaucoup plus que les autres lettres. Par ailleurs, les différences sont considérables : alors que le chiffre 3 conduit à l'impressionnant pourcentage de 62 % d'écritures en miroir², la lettre N ne conduit guère qu'à 3 %. Comment expliquer ces différences entre caractères ?

Notre réponse est que l'enfant, à défaut de connaître explicitement l'orientation des caractères, recourt à ses connaissances implicites. Ce type de connaissances se constitue par la détection et la préservation des invariants de notre environnement, sans prise de conscience explicite (Fischer, 2010b). Pour ce qui est de l'écriture, l'enfant semble adhérer à une règle implicite d'orientation vers la droite. Cette règle peut certes provenir de l'insistance (dans notre culture) sur l'écriture de gauche à droite, à un âge charnière (4 ans) pour commencer la différenciation du dessin et de l'écriture (Noyer & Baldy, 2002). Mais, plus spécifiquement, elle peut provenir du fait que les lettres majuscules, dont l'écriture est généralement apprise en premier, sont presque toutes (si l'on se limite aux 15 lettres asymétriques) formées d'un trait vertical et d'une partie distinctive vers la droite (B, D, E, F, K, L, N, P et R), font face à la droite (C, G, éventuellement S) ou ont un trait sur la droite (Q). Toutefois, la règle ne donne pas l'orientation de l'écriture de Z, et celle de J est donnée de manière erronée. L'application d'une telle règle par les enfants est alors étayée par le fait que Z et J sont

Figure 1. **Fréquence et illustration des écritures en miroir des 23 caractères asymétriques, produites spontanément (sous la dictée) par 356 enfants entre cinq et six ans et demi**

1 (40 %)	2 (43 %)	3 (62 %)	4 (11 %)	5 (14 %)	6 (15 %)	7 (41 %)	9 (41 %)
Ery. (5 ; 8)	Ang. (6 ; 3)	Cel. (5 ; 6)	Yon. (5 ; 4)	Tha. (6 ; 0)	Jul. (5 ; 8)	Emi. (5 ; 8)	Meh. (5 ; 5)

B (4 %)	C (8 %)	D (5 %)	E (5 %)	F (8 %)	G (7 %)	J (45 %)	K (4 %)
Mil. (5 ; 5)	Mat. (6 ; 4)	Eva. (5 ; 8)	Ine. (6 ; 2)	Naw. (5 ; 5)	Ray. (5 ; 5)	Elm. (6 ; 3)	Sof. (5 ; 4)

L (12 %)	N (3 %)	P (9 %)	Q (9 %)	R (6 %)	S (18 %)	Z (49 %)	
Gab. (5 ; 6)	Dor. (5 ; 6)	Ale. (5 ; 6)	Yan. (6 ; 1)	Els. (5 ; 2)	Mar. (5 ; 8)	Lis. (5 ; 9)

Note : les tailles des écritures ont été homogénéisées.

bien les deux lettres les plus souvent écrites en miroir (49 % et 45 % respectivement), alors que toutes les autres lettres le sont relativement peu (18 % ou moins, cf. la figure 1). La généralité de la règle, dont l'un des fondements est notre choix culturel d'écrire de gauche à droite, fait qu'elle peut aussi s'appliquer à l'écriture des chiffres, éventuellement moins intensément. La règle n'indique alors l'orientation correcte que pour 4, 5 et 6³ et induit en erreur pour les chiffres 1, 2, 3, 7 et 9. Elle peut donc parfaitement expliquer les pourcentages d'écriture en miroir inférieurs ou égaux à 15 % pour les trois premiers et supérieurs à 40 % pour les cinq derniers chiffres (cf. la figure 1).

TOUS LES ENFANTS ÉCRIVENT-ILS EN MIROIR ?

La question de l'orientation gauche-droite est fondamentale pour l'écriture en miroir. Les sujets gauchers, et d'autres populations susceptibles d'avoir des difficultés d'orientation (élèves en difficulté, sourds-muets, aveugles, déficients mentaux), ont été très vite « soupçonnés » d'en être les principales victimes. Ainsi, tout au long du xx^e siècle, on a pu souligner que « l'écriture en miroir est associée au fait d'être gaucher » (Gordon,

1921, p. 340), que « l'écriture en miroir est aussi normale pour les personnes gauchères que l'est l'écriture conventionnelle pour les personnes droitières » (Blom, 1928, p. 591), que l'écriture en miroir apparaît comme « un symptôme classique de la sinistralité » (Schiller, 1932, p. 511 et 514), que « l'inversion gauche-droite dans l'écriture manuelle est une réponse normale chez la personne gauchère » (Hildreth, 1950, p. 69), ou encore que les « jeunes écoliers qui produisent spontanément des écritures en miroir sont généralement gauchers » (Lebrun, 1990, p. 178). L'hypothèse selon laquelle l'écriture en miroir se focaliserait sur les enfants gauchers s'est trouvée renforcée, indirectement, par le fait que quelques observations empiriques ont confirmé que les sujets « normaux » (droitiers écrivant de la main droite) ne produisaient guère d'écritures en miroir. Par exemple, Fuller (1916) souligne qu'elle n'a obtenu aucune écriture en miroir de mots, ni même de lettres, sauf pour quelques lettres confondantes comme S et N, chez les vingt-six enfants « normaux » qui venaient juste d'apprendre l'écriture des lettres. De même, Hildreth (1934) observe que le nombre d'inversions, par contraste avec tous les autres types d'erreur, est « infinitésimal » (p. 19).

En dépit de l'absence d'une confirmation empirique convaincante de l'hypothèse et d'une analyse différenciée des écritures spontanée et délibérée, l'idée que

l'écriture en miroir affecte essentiellement les enfants gauchers s'est répandue. Plusieurs raisons peuvent y avoir contribué : elle fournit une « explication » simple à l'écriture en miroir ; elle se conforme à l'image « de gens à l'envers » qui a accompagné les personnes gauchères pendant longtemps (cf. Bertrand, 2008) ; elle est confortée par un examen superficiel de la littérature pathologique adulte, à savoir les nombreux cas de patients qui ont été contraints d'écrire avec leur main inhabituelle, par suite d'une lésion cérébrale, et qui se sont mis à écrire en miroir avec leur main gauche (en général, car la plupart de ces patients étaient droitiers). Les comparaisons empiriques récentes (Della Sala & Cubelli, 2007 ; Cubelli & Della Sala, 2009), y compris les nôtres, ne suggèrent cependant pas une fréquence d'écriture en miroir spontanée beaucoup plus importante chez les enfants gauchers, comparativement aux enfants droitiers, à l'âge de cinq ou six ans. En outre, l'analyse des observations empiriques antérieures montre que, lorsqu'une fréquence supérieure est observée, il peut s'agir d'élèves de l'école obligatoire à qui l'on demandait d'écrire délibérément en miroir (voir par exemple Schiller, 1932).

Dans toutes nos études, nous n'avons observé qu'une faible différence quantitative dans les pourcentages d'écriture en miroir entre enfants écrivant de la main gauche et ceux écrivant de la main droite. Cela n'exclut cependant pas la possibilité d'une différence qualitative entre enfants gauchers et droitiers. D'ailleurs, du fait que l'écriture en miroir sérielle des caractères apparaît principalement, dans nos travaux, comme une conséquence indirecte de l'application d'une règle implicite d'orientation vers la droite, et que cette règle est certainement d'origine perceptivo-motrice, il se peut que les enfants gauchers ne la développent pas. Il se peut aussi qu'ils développent une règle opposée car, avec la main gauche, les abductions (mouvements qui écartent un membre du plan médian du corps) se font vers la gauche, et les adductions (mouvements qui rapprochent un membre du plan médian du corps) vers la droite. Or les abductions pourraient être plus précises que les adductions (Brown, Knauff & Rosenbaum, 1948 ; Tankle & Heilman, 1983 ; voir cependant Tucha, Aschenbrenner & Lange, 2000). L'hypothèse d'une règle opposée conduit donc à prédire que, par exemple, les couples (3, 3) et (E, E) se distribuent différemment selon la main (naturelle) d'écriture. Elle s'est presque vérifiée dans notre observation (Fischer, 2011), où l'écriture du chiffre 3 était sollicitée juste après celle de la lettre E : si on limite l'analyse aux 223 enfants ayant produit l'un de ces deux couples, 16,7 % des enfants écrivant de la main gauche ont produit un couple (3, 3), alors que le pour-

centage analogue pour ceux écrivant de la main droite n'est que de 5,5 % (la différence est marginalement significative avec un test de probabilité exacte de Fisher : $p = 0,06$).

Le fait que les enfants gauchers n'écrivent guère plus en miroir que les autres ne suffit pas à prouver que tous les enfants écrivent en miroir à un certain stade de leur développement. Dans nos observations, nous avons d'ailleurs rencontré quelques enfants qui n'ont produit aucune écriture en miroir. Mais ces enfants peuvent avoir soit dépassé le stade de l'écriture en miroir, comme cette enfant qui a déclaré spontanément : « Avant j'arrivais, maintenant j'arrive plus » (Nao., 5 ; 6) ; soit ne pas l'avoir atteint comme cet enfant, présumé autiste, qui n'a pas produit d'écriture en miroir (alors qu'il a produit quelques écritures correctes). En gardant ces deux possibilités à l'esprit, les pourcentages d'écritures en miroir de l'observation ayant conduit à la figure 1 permettent d'avancer que presque tous les enfants écrivent en miroir (au moins des caractères isolés). Par exemple, 95 % des enfants ont produit au moins une écriture en miroir d'un caractère (sur 31 occasions) ; le chiffre 3 a été écrit en miroir au moins une fois (sur trois occasions) par deux tiers des enfants ; dans chacune des 18 classes de l'observation, des écritures en miroir ont pu être observées (de 18 % à 31 % des productions).

L'ÉCRITURE EN MIROIR EST UN PROBLÈME DE MÉMOIRE, PAS DE PERCEPTION

Les théoriciens (Corballis & Beale, 1976 ; Dehaene, 2007) s'accordent sur le fait que l'écriture en miroir est un problème de mémoire et non de perception. Pour le vérifier directement, nous avons ajouté des écritures de lettres majuscules et de chiffres, à la fois par copie et de mémoire (sous la dictée), en complément d'une évaluation des compétences en fin de maternelle⁴ (Fischer & Tazouti, 2011). Le résultat, établi sur 296 enfants testés à la fin du 2^e trimestre de GS et d'âge moyen 5 ; 9 (âges extrêmes : 5 ; 3 et 6 ; 5), est d'une rare netteté : les écritures en miroir sous la dictée sont nombreuses (plus de 20 %), alors que les écritures en miroir par copie sont quasiment inexistantes (moins de 0,5 %). L'intérêt pédagogique de cette observation apparaît immédiatement : lorsque les enfants sont en phase de désapprentissage de la généralisation en miroir, un environnement leur permettant de copier l'écriture correcte (après un bref coup d'œil puisque, le plus souvent, seule la direction de

l'écriture a besoin d'être notée) constitue certainement une aide. Un tel environnement peut être obtenu par des moyens variés : par exemple un affichage, une bande numérique individuelle⁵, ou encore un camarade à un stade d'écriture plus avancé.

La nature de la mémoire impliquée – motrice et visuelle – semble aussi fournir un modèle explicatif simple de l'autocorrection dont sont capables les enfants à un certain stade de leur développement. En effet, si l'on suppose que l'énoncé oral d'une lettre ou d'un chiffre (par exemple « trois ») active directement le geste moteur produisant son écriture (en miroir), l'enfant peut s'auto-corriger grâce à une mémoire visuelle (correcte). Mais un tel modèle repose fondamentalement sur l'idée d'une activation directe d'un engramme moteur, une idée qui ne va pas de soi. Par exemple, dans un domaine voisin – l'activation du geste moteur de son utilisation à la vue d'un outil –, Osiurak, Jarry et Le Gall (2011) préfèrent l'idée d'une récréation, ou reconstruction du geste à chaque vue de l'outil. En tout cas, il faut au moins une adaptation du geste aux conditions (localisation, taille...) de l'écriture.

RELATION ENTRE ÉCRITURE EN MIROIR ET COMPÉTENCE SCOLAIRE

Dans Fischer et Tazouti (2011), nous avons pu calculer les corrélations entre une mesure des compétences en fin de maternelle et la propension à écrire des chiffres et lettres en miroir. Les compétences mesurées portaient sur sept domaines :

- graphisme et motricité fine ;
- organisation spatiale ;
- rythme et série ;
- discrimination visuelle ;
- discrimination auditive ;
- correspondance entre oral et écrit ;
- dénombrement.

Les corrélations du niveau de compétence, ainsi déterminé, sont significativement différentes avec l'écriture erronée (autre qu'en miroir) ou absente ($r = -0,50$), avec l'écriture en miroir ($r = 0,15$) et avec l'écriture correcte ($r = 0,38$). Outre le fait que la corrélation entre le niveau de compétence et l'écriture en miroir est positive (et significative, même si elle est faible), un tel résultat suggère que l'écriture en miroir se situe à une étape intermédiaire entre d'autres écritures incorrectes (ou l'absence d'écriture) et l'écriture correcte. En effet ces corrélations s'accordent avec les faits suivants : les élèves fortement compétents en fin

de GS n'écrivent pas, ou plus trop, en miroir (puisque'ils écrivent correctement) ; les élèves faiblement compétents n'écrivent pas, ou pas encore, en miroir (puisque'ils n'écrivent pas du tout ou produisent d'autres erreurs) ; et, enfin, ce sont plutôt les élèves moyennement compétents qui produisent les écritures en miroir.

Des résultats comparables ont été obtenus par Johansson (2005) sur des élèves suédois de cinq à sept ans, dans des tâches fort différentes. Dans son étude 2, Johansson demandait en effet simplement aux élèves d'écrire les chiffres qu'ils connaissaient. Il a alors établi que l'écriture en miroir était corrélée positivement ($r = 0,57$) avec des tâches d'addition arithmétique et de compréhension du principe cardinal dans le groupe d'enfants le plus jeune (d'âge moyen d'environ 5 ; 2). Dans son étude 3, il a défini l'écriture en miroir par l'inversion d'au moins un chiffre dans l'écriture d'un nombre à plusieurs chiffres. Il a alors établi, sur des enfants de six ans, que l'écriture en miroir était corrélée positivement ($r = 0,34$) avec une stratégie évaluée d'addition, le surcomptage (par exemple, pour $4 + 3$, compter : cinq, six, *sept*), presque autant que l'écriture correcte ($r = 0,36$). En outre, le même surcomptage est corrélé négativement avec d'autres erreurs d'écriture ($r = -0,08$), avec les omissions ($r = -0,39$) et avec les concaténations qui conduisent, par exemple, à écrire 504 pour 54 ($r = -0,52$). En dépit des importantes différences, à la fois dans les tâches utilisées par Johansson (2005) et dans les pratiques éducatives entre la Suède (où les enfants n'entrent à l'école obligatoire qu'à sept ans) et la France (où quasiment tous les élèves font trois années d'école maternelle et entrent à l'école élémentaire à l'âge de six ans), les résultats de Johansson rejoignent notre observation : l'écriture en miroir est corrélée positivement avec le niveau scolaire, avec une valeur de la corrélation qui se situe entre celle (positive) avec l'écriture correcte et celle (négative) avec d'autres écritures. Il en résulte une certaine robustesse de notre observation, ainsi que l'hypothèse d'une universalité du phénomène d'écriture en miroir dans le développement de l'écriture de l'enfant.

LE PRIMAT DES VARIABLES SITUATIONNELLES OU CONTEXTUELLES

La question qui surgit tout naturellement est de savoir pourquoi un enfant, qui écrit généralement correctement les chiffres et les lettres (ou son prénom) va, de temps à autre, les écrire en miroir.

Figure 2. Illustration des écritures, en miroir (à gauche) ou non (à droite), en fonction des contraintes spatiales

Élève (âge)	Point à gauche de la ligne médiane	Point à droite de la ligne médiane
Maria (5 ; 6)		
Lucie* (5 ; 9)		
Stanislas (6 ; 0)		
Shinji (6 ; 1)		
Mathilde (6 ; 3)		
Inés* (6 ; 3)		
Lara-Lise* (6 ; 3)		
Clémence (6 ; 4)		
Carla (5 ; 4)		
Romain (5 ; 5)		
Maxence (5 ; 5)		
Dorian* (5 ; 6)		
Thibaut (5 ; 8)		
Mariette (5 ; 9)		
Tiphène (6 ; 0)		
Merouane (6 ; 3)		

Note : * : le rapport hauteur/largeur a été changé.

Les contraintes spatiales

Simner (2005) avait déjà remarqué que, si un enfant n’a pas assez de place pour écrire par exemple un « d » (parce qu’il a commencé à mettre son trait vertical trop près du bord gauche de la feuille ou trop près de la lettre précédente), il peut inverser l’écriture, c’est-à-dire produire un « b ». Pour l’écriture de mots complets, Cornell (1985) a observé que les enfants de cinq ans, mais pas ceux de huit ans, refusent en général d’écrire à travers un trait vertical placé au milieu de la feuille. En conséquence, lorsqu’on leur demande d’écrire à partir d’un point placé juste à gauche du trait vertical, ils se mettent souvent à écrire en miroir. En reprenant cette technique, nous avons demandé aux 356 enfants, impliqués dans la construction de la figure 1, d’écrire (de leur mieux : en « attaché » ou en majuscules) leur prénom sous un point situé immédiatement à gauche (par deux fois) ou immédiatement à droite (une fois) d’une ligne verticale. Et, de fait, nous avons obtenu un nombre considérable d’écritures de prénoms en miroir (au moins partiellement) lorsque le point était immédiatement à gauche de la ligne (52 % lors de la 1^{re} écriture, 61 % lors de la 2^e), alors que les enfants ont en général écrit normalement leur prénom lorsque le point était immédiatement à droite (moins de 9 % d’écritures en miroir). La figure 2 reproduit un échantillon de telles écritures⁶ : il est important de préciser que, sur cette figure, les deux écritures d’un même enfant (en miroir à gauche, correcte à droite) ont été produites séparément (les feuilles ont été ramassées entre deux écritures) et mises en correspondance *a posteriori*. Lorsque ces écritures sont en lettres cursives, elles sont particulièrement impressionnantes ; elles sont probablement aussi uniques dans la vie de l’enfant.

Le niveau d’activation de la règle implicite

La règle implicite d’orientation vers la droite, qui semble principalement induite par l’écriture des lettres

majuscules asymétriques, s’applique aussi, comme déjà souligné, aux chiffres asymétriques. Comme elle induit l’écriture en miroir d’une majorité (1, 2, 3, 7 et 9) de ces derniers, il pourrait en résulter une plus grande fréquence d’écriture en miroir des chiffres comparativement aux lettres : les pourcentages précisés sur la figure 1 semblent le confirmer. En outre, lorsque les chiffres et lettres sont mélangés, comme dans l’observation ayant conduit à la figure 1, la règle devrait être encore davantage activée, notamment lorsqu’une lettre se conformant à la règle (par exemple C) précède immédiatement l’écriture d’un chiffre ne s’y conformant pas (par exemple 3). Les pourcentages d’écriture en miroir des chiffres concernés devraient s’en trouver accrus. Pour le vérifier, nous avons construit le tableau 1, qui reprend les pourcentages pour les chiffres de la figure 1 et les compare à ceux obtenus dans une recherche n’ayant utilisé que les chiffres (Fischer, 2010a). Précisons que, dans ces deux recherches, les moyennes d’âge des enfants (tous en maternelle, GS en général), ainsi que les moyennes d’ensemble (cf. le tableau 1) des deux échantillons de plusieurs centaines d’enfants chacun, sont comparables. Le tableau 1 confirme que les chiffres qui peuvent bénéficier de la règle (les chiffres 4, 5 et 6) sont moins écrits en miroir quand les chiffres et les lettres sont mélangés, alors que les chiffres qui s’opposent à la règle (1, 2, 3, 7 et 9) sont tous, à l’exception de 9, plus souvent écrits en miroir. Malgré cette exception, notre prédiction peut être considérée comme vérifiée puisqu’un tel résultat avait moins de 5 % de chances de se réaliser au hasard ($p = 0,035$ avec un test binomial unilatéral).

L’amorçage par l’écriture précédente

Pour analyser plus finement les phénomènes d’amorçage en cas d’écriture sérielle, nous avons construit, à partir de notre observation de 356 enfants (cf. la figure 1), un échantillon de 300 enfants, en équilibrant les conditions expérimentales et en excluant les

Tableau 1. Comparaison des fréquences d’écriture en miroir des chiffres en fonction de leur « mélange », ou non, avec des lettres majuscules

Matériel utilisé	Fréquences d’écritures en miroir des chiffres								Moyenne de ces fréquences d’écriture
	1	2	3	4	5	6	7	9	
Chiffres et lettres « mélangées »	40 %	43 %	62 %	11 %	14 %	15 %	41 %	41 %	33 %
Chiffres seuls	31 %	26 %	46 %	16 %	32 %	18 %	32 %	44 %	31 %

enfants qui n'avaient pas produit d'écriture en miroir ou suffisamment d'écritures pertinentes. Cette analyse a conduit à des observations originales, étonnantes et d'une rare netteté (Fischer, 2011). Ainsi, tout d'abord, lorsqu'une écriture correcte respectivement de C (cf.

la figure 3a1), E (cf. la figure 3b1) et B (cf. la figure 3c1) précède celle de 3, ce dernier chiffre est écrit en miroir dans respectivement 73 %, 70 % et 66 % des cas. En revanche, lorsqu'une écriture en miroir de respectivement C (cf. la figure 3a2), E (cf. la figure 3b2) et B

Figure 3. L'écriture spontanée (sous la dictée) de 3, en miroir (ligne du haut) et correcte (ligne du bas), en fonction de l'écriture qui la précède

Figure 4. L'écriture spontanée (sous la dictée) de J, correcte (à gauche) et en miroir (à droite), en fonction de l'écriture qui la précède

Figure 5. L'écriture spontanée (sous la dictée) de 2 précédée par l'écriture de S

(cf. la figure 3c2) précède celle de 3, ce dernier chiffre est écrit correctement dans respectivement 90 %, 93 % et 91 % des cas.

Ensuite, l'écriture de J précédée par respectivement un 7 correct (cf. la figure 4a), un 6 en miroir (cf. la figure 4b), aucune écriture (car elle figurait en tête d'une série), un 6 correct (cf. la figure 4c) et un 7 en miroir (cf. la figure 4d) a conduit à respectivement 24 %, 29 %, 46 %, 54 % et 71 % d'écritures en miroir (ou 76 % et 71 % d'écritures correctes pour les deux premières).

Enfin le chiffre 2 a été écrit en miroir dans 52 % des cas après une écriture correcte de S (cf. la figure 5a), alors qu'il a été écrit correctement dans 84 % des cas après une écriture en miroir de S (cf. la figure 5b). En outre, nous avons observé, après un S correct, plusieurs écritures en miroir de 2 interrompues (cf. la figure 5c).

Trois remarques importantes peuvent être faites à propos de ces amorçages. D'abord, ils ne semblent pas purement sensori-moteurs : en témoignent la boucle du C qui n'a guère amorcé plus d'écritures en miroir de 3 que les trois segments horizontaux du E, et le 3 caché dans le B, qui n'a pas amorcé beaucoup d'écritures correctes de 3. Ensuite, et en continuité avec la remarque précédente, il est important de voir que ces amorçages peuvent passer par la règle implicite d'orientation vers la droite : par exemple, l'écriture correcte de la lettre C réactive la règle qui favorise alors une écriture de 3 en miroir ; inversement, l'écriture en miroir de C traduit une règle inactive, voire l'activation d'une règle opposée d'orientation vers la gauche, et favorise donc une écriture correcte de 3. Enfin ces amorçages contredisent une explication de l'écriture en miroir par des facteurs individuels (comme la main d'écriture) : le même enfant, qui écrit C en miroir et dont on pourrait donc croire qu'il a une forte propension à écrire en miroir, a considérablement plus de chances (que ceux qui ont écrit C correctement), d'écrire ensuite 3 correctement !

QUELQUES RÉFLEXIONS PÉDAGOGIQUES

Le pourcentage impressionnant d'écritures en miroir de 3 – plus de 50 % dans plusieurs de nos observations – incite à chercher une explication spécifique pour ce chiffre. Certes ce pourcentage a certainement été accru, directement (par amorçage visuo-moteur) ou indirectement (par activation de la règle implicite

d'orientation vers la droite), par l'écriture précédente. Mais d'autres chiffres (1, 2, 7) ont aussi dû subir l'influence défavorable des conditions expérimentales et n'ont pas conduit à autant d'écritures en miroir. Une double explication peut être avancée :

- d'abord, on peut remarquer que 3 est le seul chiffre asymétrique formé par la répétition, à l'identique, de deux boucles. Or, d'une part, le tracé des boucles est connu pour être précoce (entre deux ans et deux ans et demi selon Lurçat, 1983), d'autre part la répétition facilite la mémorisation. L'empressement de l'enfant à reproduire un geste moteur simple et dédoublé pourrait le conduire à ne pas tenir compte de l'information sur l'orientation. Les autocorrections spontanées et quelques observations incidentes⁷ amènent en effet à penser que l'information sur l'orientation, non encore fusionnée avec celle sur la forme, est déjà présente chez certains enfants ;
- ensuite, certaines enseignantes ont suggéré que cela pouvait provenir du fait qu'elles apprennent à leurs élèves de MS et GS à toujours faire les ronds (cercles) en commençant en haut et en tournant dans le sens giratoire. Cette explication n'est cependant pas suffisante, car un tel apprentissage du tracé des ronds devrait autant affecter l'écriture du 2 que celle du 3. Néanmoins, lorsqu'on pratique systématiquement un tel enseignement du tracé des ronds, il pourrait être utile de le compléter en attirant l'attention des enfants sur le fait que les chiffres ne sont pas de simples ronds et que, si on commence en haut, il faut en fait tourner dans le sens des aiguilles d'une montre pour le 3, le 2 et la boucle du 5.

Pour l'orientation de l'écriture des caractères, un principe didactique général de remédiation suggère de rendre explicites les connaissances implicites (Kinsbourne & Caplan, 1979), par exemple en catégorisant les différents caractères en fonction de leur orientation : les enfants pourraient accrocher les caractères (découpés) orientés à gauche, à gauche d'une ligne verticale tracée sur un tableau ; les caractères orientés à droite, à droite de cette verticale, et les caractères non clairement orientés dans l'une ou l'autre direction, ou les caractères symétriques, sur la verticale (cf. la figure 6).

Pour l'écriture de la lettre N, plusieurs auteurs (Fuller, 1916 ; Goodnow & Levine, 1973 ; Simner, 1984, 2005) ont observé que la lettre N était l'une des plus fréquemment écrites en miroir. Goodnow et Levine ont même développé une théorie prédisant, entre autres, une telle écriture en miroir de N. Or, dans nos obser-

ventions (cf. la figure 1), N apparaît comme la lettre (ou même le caractère) la moins souvent écrite en miroir. Quelle est l'origine de cette divergence ? D'abord, on peut observer que la règle implicite d'orientation vers la droite, contrairement à la théorie de Goodnow et Levine, ne prédit nullement l'écriture en miroir de N. L'observation directe, et le commentaire oral de l'un ou l'autre enfant, m'ont permis ensuite de voir (et d'entendre) que les enfants tracent quasi systématiquement le N en commençant en bas, à gauche. Enfin une description verbale attrayante (« On monte, on descend, puis on remonte ») les conduit à une écriture correcte. On peut penser qu'une telle description verbale de la procédure, en termes d'action, évite aux enfants d'improviser l'orientation de la diagonale du N.

Figure 6. **Activité pédagogique de catégorisation des caractères**

Outre ces quelques remarques ponctuelles, ces idées nouvelles sur l'écriture en miroir suggèrent, de manière plus générale, que le recours à d'autres modalités sensorielles (tactile, auditive) ou motrices (suivi des chiffres en relief, gestes moteur effectués en l'air) que la seule modalité visuelle (fondamentalement à l'origine de l'écriture en miroir) devrait être efficace. Mais cela est connu depuis longtemps, au moins depuis que Maria Montessori (1952) avait plaidé pour une éducation multi-sensorielle et introduit ses lettres et chiffres rugueux, en papier émeri. L'intérêt de cette approche multi-sensorielle pour l'apprentissage du tracé des lettres s'est depuis confirmé (Bara & Gentaz, 2010). En outre, à l'ère informatique et pour ce qui concerne spécifiquement les caractères en miroir, on peut ajouter que Longcamp, Boucard, Gilhodes et alii (2006) ont montré que l'écriture manuelle améliore la capacité des sujets adultes à différencier subséquemment les caractères de leurs images en miroir, comparativement à l'écriture sur un clavier.

Jean-Paul Fischer
 Jean-Paul.Fischer@univ-nancy2.fr
 Université Nancy 2, laboratoire InterPsy

NOTES

- 1 Ce sont les vingt-trois caractères asymétriques qui apparaissent sur la figure 1, avec 3, 9, J et Z qui ont été proposés trois fois au cours des trois séries suivantes : P, 4, C, 3, 1, 7, J, L, 9, Z, G (série 1) ; J, 0, Z, 5, K, F, 9, B, 3, N, Q (série 2) ; R, E, 3, D, 8, 6, J, S, 2, 9, Z (série 3). Les deux caractères symétriques (le 0 et le 8) ont évidemment été éliminés des analyses des écritures en miroir.
- 2 Les pourcentages sont calculés par rapport aux seules écritures pertinentes (correctes ou en miroir). Par exemple, pour 3, il y a eu 1 008 écritures pertinentes sur les 1 056 écritures sollicitées : 626 (62 %) sont en miroir, et seulement 382 (38 %) sont correctes.
- 3 Pour 4, l'angle aigu par lequel on débute en général le tracé s'ouvre vers la droite ; pour 5, si l'on commence par le haut, le « carré » incomplet et imparfait formé par les deux premiers traits et le début de la boucle est ouvert vers la droite ; pour 6, la boucle principale qui débute en général le tracé est ouverte vers la droite.
- 4 Cette recherche conduisait à une évaluation individuelle des enfants : les parents de tous les enfants impliqués ont donné leur autorisation.
- 5 Une bande numérique individuelle est une bande de papier (cartonné) sur laquelle sont reportés les chiffres, écrits de gauche à droite, bien espacés et dans leur ordre naturel, en commençant par 1 (1, 2, 3, 4...). Elle permet notamment à l'enfant, qui ne sait pas encore écrire un chiffre (par exemple 4), de repérer, de manière autonome et par comptage oral (un, deux, trois, quatre), l'écriture de ce chiffre sur la bande et, alors, de le recopier.
- 6 Pour rendre publiques ces écritures, le consentement écrit d'un représentant légal de chacun des enfants concernés a été obtenu.
- 7 Une enfant, après avoir écrit 3 en miroir la première fois, a remarqué spontanément et à haute voix, lors d'une écriture correcte ultérieure de 3, qu'elle s'était trompée dans sa première écriture qui n'était plus à portée de sa vue. La figure 5c suggère aussi que l'information sur l'orientation est arrivée en cours de tracé du 2, interrompant ainsi ce dernier.

BIBLIOGRAPHIE

- ABADIE J. (2011). « La lecture recycle nos neurones ». *La Recherche*, n° 449, p. 44-47.
- BARA F. & GENTAZ E. (2010). « Apprendre à tracer les lettres : une revue critique ». *Psychologie française*, n° 55, p. 129-144.
- BEE H. & BOYD D. (2008). *Les âges de la vie. Psychologie du développement humain* [3^e édition]. Saint-Laurent : ERPI.
- BERTRAND P.-M. (2008). *Histoire des gauchers. « Des gens à l'envers »* [3^e édition]. Paris : Imago.
- BINET A. (1911). « Nouvelles recherches sur la mesure du niveau intellectuel chez les enfants d'école ». *L'année psychologique*, tome 17, p. 145-201.
- BLOM E. (1928). « Mirror-writing ». *Psychological Bulletin*, vol. 25, n° 10, p. 582-594.
- BROWN J., KNAUFT E. & ROSENBAUM G. (1948). « The accuracy of positioning reactions as a function of their direction and extent ». *American Journal of Psychology*, vol. 61, n° 2, p. 167-182.
- CORBALLIS M. & BEALE I. (1976). *The psychology of left and right*. New York : Erlbaum.
- CORNELL J. (1985). « Spontaneous mirror-writing in children ». *Canadian Journal of Psychology*, vol. 39, n° 1, p. 174-179.
- CUBELLI R. & DELLA SALA S. (2009). « Mirror writing in pre-school children: A pilot study ». *Cognitive Processing*, vol. 10, n° 2, p. 101-104.
- DEHAENE S. (2005). « Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The "neuronal recycling" hypothesis ». In S. Dehaene, J.-R. Duhamel, M. Hauser & G. Rizzolatti (dir.), *From monkey brain to human brain*. Cambridge : MIT Press, p. 133-158.
- DEHAENE S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.
- DEHAENE S., NAKAMURA K., JOBERT A. *et al.* (2010). « Why do children make mirror errors in reading? Neural correlates of mirror invariance in the visual word form area ». *NeuroImage*, vol. 49, n° 2, p. 1837-1848.
- DELLA SALA S. & CUBELLI R. (2007). « Directional apraxia: A unitary account of mirror writing following brain injury or as found in normal young children ». *Journal of Neuropsychology*, vol. 1, n° 1, p. 3-26.
- FISCHER J.-P. (2010a). « Vers une levée du mystère des écritures en miroir (des chiffres) chez l'enfant ». *L'année psychologique*, vol. 110, n° 2, p. 227-251.
- FISCHER J.-P. (2010b). « Vers une levée du mystère des écritures en miroir (des lettres majuscules) chez l'enfant : une hypothèse nouvelle ». *Enfance*, n° 4, p. 371-386.
- FISCHER J.-P. (2011). « Mirror writing of digits and (capital) letters in the typically developing child ». *Cortex*, vol. 47, n° 6, p. 759-762.
- FISCHER J.-P. & TAZOUTI Y. (2011). « Unravelling the mystery of mirror writing in the typically developing child ». *Journal of Educational Psychology* [en révision].
- FULLER J. (1916). « The psychology and physiology of mirror-writing ». *University of California Publications in Psychology*, vol. 2, n° 3, p. 199-265.
- GOODNOW J. & LEVINE R. (1973). « The grammar of action: Sequence and syntax in children's copying ». *Cognitive Psychology*, vol. 4, n° 1, p. 82-98.
- GORDON H. (1921). « Left-handedness and mirror writing, especially among defective children ». *Brain*, vol. 43, n° 4, p. 313-368.
- HILDRETH G. (1934). « Reversals in reading and writing ». *Journal of Educational Psychology*, vol. 25, n° 1, p. 1-20.
- HILDRETH G. (1950). « The development and training of hand dominance: IV. Developmental problems associated with handedness ». *Journal of Genetic Psychology*, vol. 76, n° 1, p. 39-100.
- JOHANSSON B. (2005). « Numeral writing skill and elementary arithmetic mental calculations ». *Scandinavian Journal of Educational Research*, vol. 49, n° 1, p. 3-25.
- KINSBOURNE M. & CAPLAN P. (1979). *Children's learning and attention problems*. Boston : Little, Brown and Co.
- LEBRUN Y. (1990). « Mirror-reading and mirror-writing in schoolchildren ». *ANAE*, n° 2, p. 177-182.
- LEGRÜN A. (1931). « Spiegelschrift bei Schulneulingen ». *Zeitschrift für pädagogische Psychologie und Jugendkunde*, vol. 32, n° 9, p. 547-557.
- LEWIS E. & LEWIS H. (1965). « An analysis of errors in the formation of manuscript letters by first-grade children ». *American Educational Research Journal*, vol. 2, n° 1, p. 25-35.
- LOCHE Dr. (1896). « Beitrag zur Kenntniss des Vorkommens und der Bedeutung der Spiegelschrift ». *Archiv für Psychiatrie*, vol. 28, n° 2, p. 379-410.
- LONGCAMP M., BOUCARD C., GILHODES J.-C. & VELAY J.-L. (2006). « Remembering the orientation of newly learned characters depends on the associated writing knowledge: A comparison between handwriting and typing ». *Human Movement Science*, vol. 25, n° 4-5, p. 646-656.
- LURÇAT L. (1983). « Le graphisme et l'écriture chez l'enfant ». *Revue française de pédagogie*, n° 65, p. 7-18.
- MONTESSORI M. (1952). *Pédagogie scientifique : La découverte de l'enfant* [1926]. Paris : Desclée De Brouwer.
- NOYER M. & BALDY R. (2002). « Du dessin à la lecture et à l'écriture ». *Psychologie & éducation*, n° 49, p. 73-88.
- ORTON S. (1925). « "Word-blindness" in school children ». *Archives of Neurology and Psychiatry*, vol. 14, n° 5, p. 581-615.
- OSIURAK F., JARRY C. & LE GALL D. (2011). « Re-examining the gesture engram hypothesis: New perspectives on apraxia of tool use ». *Neuropsychologia*, vol. 49, n° 3, p. 299-312.
- PEGADO F., NAKAMURA K., COHEN L. & DEHAENE S. (2011). « Breaking the symmetry: Mirror discrimination for single letters but not for pictures in the visual word form area ». *NeuroImage*, vol. 55, n° 2, p. 742-749.
- SCHILLER M. (1932). « Probleme um die Linkshändigkeit mit Untersuchungen an Stuttgarter Schulkindern ». *Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie*, vol. 140, n° 1, p. 496-516.

- SIMNER M. (1981). « The grammar of action and children's printing ». *Developmental Psychology*, vol. 17, n° 6, p. 866-871.
- SIMNER M. (1982). « Printing errors in kindergarten and the prediction of academic performance ». *Journal of Learning Disabilities*, vol. 15, n° 3, p. 155-159.
- SIMNER M. (1984). « The grammar of action and reversals errors in children's printing ». *Developmental Psychology*, vol. 20, n° 1, p. 136-142.
- SIMNER M. (2005). *Pour développer les habiletés en écriture*. Ottawa : Centre franco-ontarien de ressources pédagogiques.
- TANKLE R. & HEILMAN K. (1983). « Mirror writing in right-handers and in left-handers ». *Brain & Language*, vol. 19, n° 1, p. 115-123.
- TUCHA O., ASCHENBRENNER S. & LANGE K. (2000). « Mirror writing and handedness ». *Brain & Language*, vol. 73, n° 3, p. 432-441.
- UNGERLEIDER L. & MISHKIN M. (1982). « Two cortical visual systems ». In D. Ingle, M. Goodale & R. Mansfield (dir.), *Analysis of visual behavior*. Cambridge : MIT Press, p. 549-586.