

De la plume au clavier :

Est-il toujours utile d'enseigner l'écriture manuscrite ?

Jean-Luc Velay⁽¹⁾, Marieke Longcamp⁽¹⁾ & Marie-Thérèse Zerbato-Poudou⁽²⁾

(1) Institut de Neurosciences Cognitives de la Méditerranée (CNRS UMR 6193),
31 chemin Joseph Aiguier, 13402 Marseille cedex 20

(2) IUFM, Université de Provence, 63 La Canebière 13001 Marseille

Résumé

Quelles conséquences l'usage du clavier, qui change la relation entre le mouvement et la trace produite, aurait-il s'il devenait systématique pour apprendre à écrire ? Une étude d'imagerie cérébrale (IRMf) chez l'adulte montre qu'une zone corticale prémotrice, qui est activée pendant l'écriture, est aussi activée pendant la simple observation des lettres. Un certain nombre d'arguments nous permettent d'avancer l'idée que la lecture mettrait automatiquement en jeu une forme d'écriture interne. Dans une étude à l'école maternelle, nous avons comparé l'apprentissage traditionnel de la lecture/écriture et l'apprentissage avec un clavier. Après l'apprentissage, les enfants qui avaient appris à la main reconnaissaient mieux les lettres que ceux qui avaient appris au clavier. Parce que nous apprenons simultanément à lire et à former les lettres en les traçant, nos aptitudes à la lecture pourraient en partie dépendre de notre manière d'écrire.

L'écrit face aux nouvelles technologies

L'écriture dès son origine a été confrontée à la matière. Du roseau biseauté qui marquait l'argile, au clavier de l'ordinateur, en passant par le plomb du linotypiste et la plume du copiste, l'Homme a de tout temps dû inventer, pour écrire, des gestes, des techniques alliant fonctionnalité et économie [1]. Au fil du temps, le geste s'est peu à peu modifié; aujourd'hui, avec l'usage du clavier et de la souris, il devient de plus en plus virtuel. Le mode d'écriture (et de lecture ?) peut-être le plus pratiqué actuellement est l'écriture sur ordinateur, depuis l'essor des ordinateurs domestiques et l'avènement des logiciels de traitement de texte. De nombreuses études ont mis en évidence les changements induits par l'usage des outils informatiques sur notre façon d'écrire. Un des changements imposés par l'usage des

ordinateurs a peut-être moins retenu l'attention : il s'agit des modifications d'écriture liées à l'usage du clavier.

Le clavier modifie drastiquement le geste d'écriture et ses corrélats sensorimoteurs. Cela a probablement des conséquences chez les personnes qui écrivent très souvent au clavier au cours de leur activité professionnelle : quand elles sont amenées à écrire à la main, elles éprouvent souvent une certaine difficulté et l'aspect de leur écriture est parfois modifié. En dépit de cela, les conséquences du changement de mode d'écriture chez l'adulte, si elles sont avérées, peuvent probablement être considérées comme minimales. En revanche, il pourrait en aller tout autrement si les claviers étaient systématiquement utilisés par de très jeunes enfants. Or, l'utilisation dominante du clavier, qui est aujourd'hui limitée aux adultes, pourrait demain s'étendre à des enfants très jeunes, avec l'introduction de plus en plus précoce de cet outil à l'école. L'évolution des mentalités emboîtant le pas à celle des techniques, certains jusqu'aboutistes n'hésitent pas à poser la question : « *pourquoi ne pas apprendre à écrire directement au clavier ?* ». Posée aussi brutalement, cette question choque et provoque dans un premier temps des réactions violentes ; la plupart d'entre nous considèrent comme une régression l'éventuelle disparition d'une activité comme l'écriture manuscrite, qui est le fruit d'une lente évolution technique, culturelle, sociale et peut-être biologique. Ensuite, on se rassure en se disant que ça n'est pas pour demain. Mais il ne faut pas sous-estimer les pressions techniques et surtout économiques qui induisent de nouveaux comportements. La même évolution s'est produite par exemple pour le dessin industriel, où les pratiques actuelles, grâce aux nouvelles technologies (conception assistée par ordinateur ou CAO), se différencient très fortement des anciennes, notamment parce que l'activité manuelle y est très grandement éliminée [2]. On doit s'interroger sur la réduction de l'activité manuelle imposée

par ces nouveaux outils, réduction qui pourrait conduire à un appauvrissement des représentations spatiales pour les utilisateurs.

En serait-il de même si le stylo cédait peu à peu la place au clavier ? C'est un problème qui préoccupe aujourd'hui les pédagogues. Les changements ne concerneraient-ils que la forme ou bien toucheraient-ils à la nature même de l'écrit, à la représentation interne que nous en avons ? Quelles répercussions auraient-ils sur les aptitudes à la lecture ? Derrière ces questions théoriques des relations entre lecture et écriture se dissimule celle, toujours très sensible, de l'illettrisme. Quoi qu'il en soit, on peut s'interroger sur la pertinence des méthodes d'apprentissage de l'écriture qui, jusqu'à un passé très récent, imposaient un certain type de rapports avec l'écrit. Cette interrogation des sciences de l'éducation évoque deux questions importantes des neurosciences cognitives: - celle du rôle cognitif de la motricité, - et celle de la représentation cérébrale du langage écrit.

Les mouvements structurent les représentations spatiales

Percevoir de façon cohérente les relations spatiales entre les divers éléments du monde qui nous entoure ne nous est pas donné à priori : cela doit s'apprendre au cours de l'enfance. C'est pendant cette période de développement que se mettent en place les représentations spatiales qui serviront ensuite au décodage des signaux sensoriels. Les mouvements volontaires, et en particulier les mouvements de manipulation, jouent un rôle déterminant dans ce processus. Comme le souligne Paillard [3], « L'appareil moteur des organismes apparaît comme une structure assimilatrice, transformatrice et génératrice d'ordre spatial. ».

Certaines propriétés des objets nous sont accessibles par la vue (forme, couleur, taille), d'autres par le toucher (texture, température...), ou par l'ouïe. Certaines propriétés sont accessibles par plusieurs modalités sensorielles (localisation, taille, texture, etc.) alors que d'autres le sont seulement par une modalité (la couleur pour la vision ; la température pour le toucher). Selon le point de vue Piagetien, toutes ces données sensorielles seraient associées dans l'espace et dans le temps par la manipulation active des objets. En outre, les mouvements apportent des informations supplémentaires sur les objets (poids, taille, ...). Au cours de la petite enfance, nous apprenons à associer les différents attributs qui caractérisent un objet avec les mouvements qui permettent d'agir sur lui, de façon à construire une représentation cohérente et unifiée de cet objet. Le support de cette représentation serait un réseau plurimodalitaire (visuel, tactile, sensorimoteur,...) constitué de neurones situés dans différentes régions cérébrales et activés simultanément. Une fois ce réseau structuré, une seule des entrées participant à sa mise en place (par exemple la vue d'un objet) suffirait à réactiver la totalité du réseau [4].

A l'appui de cette hypothèse, et grâce à la technique de l'imagerie cérébrale qui permet d'étudier l'activité du cerveau pendant des tâches motrices, perceptives et cognitives, on a pu montrer que la simple présentation visuelle d'objets manipulables activait des zones cérébrales impliquées dans les activités motrices, alors qu'aucun mouvement n'était effectué [5]. Ces résultats obtenus chez des sujets sains sont à rapprocher de certaines observations cliniques. En effet, des lésions cérébrales peuvent parfois provoquer une incapacité à reconnaître les objets non manipulables, alors que les objets manipulables continuent à être reconnus [6]. Parfois, lorsqu'ils ne sont pas identifiés à la simple présentation visuelle, ils peuvent l'être si l'on autorise le patient à les manipuler. Celui-ci utilise alors les connaissances procédurales qu'il a conservées sur l'objet pour retrouver son nom [7, 8]. Tout

se passe comme si la représentation des objets manipulables comprenait une composante sensorimotrice, qui serait utilisée pour les reconnaître ou pour les nommer.

Mouvements et représentation de l'écrit

Les caractères ne sont pas des objets mais ce sont des signes qui sont étroitement et spécifiquement associés aux mouvements qui permettent de les former. De ce point de vue, les symboles les plus pertinents sont probablement les idéogrammes chinois ou japonais, qui sont très nombreux et visuellement complexes. Les traits composant chaque idéogramme doivent être écrits dans un ordre précis et rigoureusement codifié. Savoir lire les idéogrammes '*kanji*' demande aux jeunes japonais de nombreuses années d'apprentissage, au cours desquelles la méthode utilisée pour les mémoriser est l'écriture très répétitive sur le papier ou même avec le doigt, sur la table ou dans l'air. Cette méthode d'apprentissage a une conséquence : souvent, lorsqu'un lecteur japonais hésite devant un caractère complexe, il fait appel au '*Ku-sho*' ('écrire avec le doigt en l'air') pour retrouver sa signification [9]. En d'autres termes, il trace en l'air les traits constitutifs du caractère, dans l'ordre approprié, et sa signification lui revient en mémoire. C'est semble-t-il un des moyens mnémotechniques les plus populaires parmi les japonais [10].

Comme pour la reconnaissance des objets, les données cliniques sur les troubles de la reconnaissance des lettres sont riches d'enseignement. Dans certains cas d'alexie, c'est-à-dire lorsque des patients porteurs d'une lésion cérébrale deviennent incapables de reconnaître des lettres ou des mots, la reconnaissance des lettres est parfois améliorée si le patient est autorisé à les écrire, ou simplement à les tracer du doigt [11, 12, 13]. Cette 'facilitation kinesthésique' a été employée comme technique d'amélioration de la lecture chez des patients alexiques

[13]. L'ensemble de ces données suggère que, comme les objets manipulables, les lettres seraient représentées au sein de notre cerveau, non seulement par leur composante visuelle, ou auditive, mais aussi sous leur forme sensorimotrice. Des études d'imagerie cérébrale sur des sujets sains conduisent aux mêmes conclusions.

Dans une étude en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), Kato et coll. [14] ont présenté, à des sujets japonais, uniquement les premiers traits d'un caractère kanji et leur ont demandé de retrouver l'intégralité du caractère. Ils ont montré que des structures normalement impliquées dans l'écriture du kanji (dont le cortex prémoteur gauche) étaient activées dans ces conditions. Pour les auteurs, retrouver les kanjis en mémoire induirait une sorte d'écriture mentale, automatique et non-intentionnelle. Dans une étude récente en IRMf, nous avons obtenu un résultat similaire pour les caractères romains, chez des adultes français [15]. Nous avons observé en effet que la simple présentation visuelle de lettres provoquait, chez des droitiers, l'activation d'une zone précisément située dans le cortex prémoteur gauche, alors qu'aucune réponse motrice n'était requise. Cette zone ne s'activait pas lorsque des 'pseudolettres' (que les sujets ne savaient pas écrire) étaient présentées. En revanche, la même zone s'activait très fortement lorsque les sujets devaient effectivement écrire les lettres.

Une fois encore, les données de la neuroimagerie chez le sujet sain sont à mettre en relation à celles de la clinique. Anderson et coll. [16] ont décrit le cas d'une patiente, portant une lésion très focale dans le cortex prémoteur gauche, qui était incapable d'écrire les lettres, bien qu'elle ne fût pas atteinte au plan moteur ; elle était encore capable d'écrire les chiffres par exemple. De façon particulièrement intéressante, cette patiente était également incapable de lire les lettres, alors qu'elle restait capable de lire les chiffres et même d'effectuer des opérations arithmétiques complexes. Cela souligne les liens fonctionnels étroits qui

existeraient entre les processus mis en jeu pour la lecture et pour l'écriture. Dans l'étude en IRMf précédente [15], le fait que seule une zone prémotrice de l'hémisphère cérébral gauche, qui gère les mouvements de la main droite, soit activée par la présentation visuelle des lettres conforte l'idée selon laquelle ces activations sont bien reliées aux mouvements d'écriture. Nous avons toutefois cherché à le vérifier en effectuant une expérience similaire avec des gauchers (qui ne savaient pas écrire de la main droite). En effet, il y a des raisons de penser que chez eux c'est l'hémisphère cérébral droit qui prend en charge les mouvements d'écriture. Nous avons observé que lorsqu'on demandait aux gauchers de regarder des lettres, la même zone du cortex prémoteur, mais cette fois dans l'hémisphère droit, s'activait [17].

L'interprétation avancée pour rendre compte de l'ensemble de ces résultats est que la représentation cérébrale des lettres reposerait sur un réseau plurimodalitaire dont l'une des composantes serait de nature sensorimotrice. Ce réseau se mettrait en place pendant l'apprentissage simultané de la lecture/écriture. En effet, pendant cette période, les enfants qui apprennent la lettre 'A' par exemple associent sa forme visuelle avec le son [a] et le mouvement qui permet d'écrire un 'A'. Qu'advierait-il si le mode d'écriture changeait au moment de cet apprentissage ? C'est la question à laquelle nous avons cherché à répondre en comparant chez des enfants l'apprentissage traditionnel avec un apprentissage au clavier. Dans un premier temps, nous allons tenter d'analyser les raisons pour lesquelles l'écriture au clavier, qui met également en jeu la motricité manuelle, pourrait ne pas permettre le codage sensorimoteur des caractères.

Les mouvements du scripteur et ceux du dactylographe

Certaines différences entre les motricités utilisées dans les deux modes d'écriture sont manifestes, d'autres sont plus fines ; toutes méritent d'être soulignées :

- L'écriture manuscrite est par essence uni-manuelle, même si l'autre main joue un certain rôle postural (maintien de la feuille). Cette forte asymétrie manuelle est bien sûr liée à l'asymétrie hémisphérique pour le langage : les commandes motrices sont émises par l'hémisphère qui gère le langage (le gauche pour les droitiers). L'écriture au clavier est bi-manuelle : la main gauche, qui est commandée par l'hémisphère droit, participe au geste d'écriture au même titre que la droite. Par conséquent, cela suppose une communication et une coordination fine entre les deux hémisphères cérébraux.

- L'orientation gauche droite de la ligne, et le sens de rotation anti-horaire des lettres cursives, qui imposent des contraintes motrices fortes dans l'écriture manuscrite, ne sont plus prégnants au clavier.

- L'espace séparant les mots n'a plus le même statut dans les deux types d'écriture : en écriture manuscrite, il se traduit par une élévation de la plume et un 'saut' vers le début de l'autre mot. Au clavier l'espace possède sa touche et on l'écrit comme un vrai caractère. En revanche, les retours à la ligne ne s'effectuent pas au clavier (dans les traitements de texte) sauf s'il s'agit d'une fin de paragraphe.

- Sur le plan temporel, il faut aussi considérer des différences : la durée d'écriture manuscrite est due au temps de formation des lettres ; celle-ci est immédiate au clavier et le temps est occupé par le déplacement des doigts vers les touches. Cette différence est très nette si on observe des scripteurs et des dactylographes débutants.

- Dans l'écriture manuscrite « l'espace d'ouvrage » est la feuille de papier et plus précisément l'extrémité du crayon où la vision se focalise et où naissent les mots : il est à la fois l'espace moteur et l'espace visuel. Au clavier, il y a 2 espaces distincts : l'espace moteur (le clavier), et l'espace visuel, qui est l'écran pour les experts et à la fois l'écran et le clavier pour les débutants. L'espace moteur est très concentré dans le cas de l'écriture manuscrite ; il s'étend sur tout le clavier en dactylographie. Il en va de même pour l'espace visuel. Plus important, en dactylographie ces deux espaces sont séparés et non contrôlés par les mêmes modalités sensorielles. Cela impose un partage de l'attention entre eux, au moins chez les débutants qui effectuent beaucoup de mouvements de tête de l'écran au clavier.

- Enfin, et c'est à nos yeux le plus important, écriture manuscrite et dactylographie relèvent de deux catégories de mouvements que l'on oppose classiquement :

- les *morphocinèses* destinées à produire des formes (mouvements d'expression, danse,...)

- les *topocinèses* destinées à atteindre un lieu, un point précis de l'espace : ces mouvements sont orientés vers un objectif extérieur et leur trajet dépend de contraintes physiques externes : position de l'objectif, obstacles éventuels. Ils donnent généralement lieu à des trajectoires rectilignes.

L'écriture manuscrite appartient à la catégorie des morphocinèses : à chaque lettre correspond un 'patron moteur' spécifique. Ces patrons moteurs ont été bien étudiés [18] : ils se caractérisent par certaines lois générales dont les plus remarquables sont les suivantes :

- le temps nécessaire pour écrire une lettre est relativement indépendant de sa taille (principe d'isochronie).
- la forme produite est la même quelle que soit sa taille (loi d'invariance homothétique spatiale) : un caractère est écrit de la même façon en tout petit sur un timbre-poste (avec les doigts), en plus grand sur une feuille de papier (main et coude) et en très grand au tableau (main, coude et épaule), ce qui suggère que c'est la même représentation motrice qui est utilisée. Ce modèle interne du mouvement est donc mémorisé sous une forme abstraite, non attachée au système neuro-musculo-squelettique utilisé pour l'apprendre ou pour le produire.

Ces lois générales sont cependant largement pondérées par des paramètres individuels qui personnalisent l'écriture. Il faut adjoindre à ces lois implicites, une règle explicite, imposée par les apprentissages scolaires, car cohérente avec le sens gauche-droite de progression de l'écriture : il s'agit du sens de rotation anti-horaire, pour les lettres cursives. Remarquons que ce sens de rotation n'est pas toujours adopté spontanément par les enfants chez qui il suscite quelques difficultés d'apprentissage, et que certains adultes, les gauchers notamment, ne s'y conforment pas toujours.

L'écriture au clavier met également en jeu la motricité manuelle, mais les mouvements effectués sont qualitativement très différents. La dactylographie relève des mouvements dits 'topocinétiques'. En pratique, il s'agit d'atteindre un point du clavier où se trouve une forme définie. La correspondance entre le mouvement et la forme de la lettre est arbitraire : un mouvement identique peut aboutir à produire deux lettres différentes et inversement la même touche peut être atteinte par des mouvements différents (éventuellement produits par des doigts différents, voire une main différente). Il n'existe donc pas une relation univoque entre la lettre à écrire et le mouvement. Bien que l'écriture dactylographique requière également un

apprentissage visuospatial complexe, au cours duquel le débutant doit construire une représentation cognitive du clavier [19], rien dans le mouvement d'atteinte des touches ne renseigne sur la configuration spatiale ou l'orientation de la lettre formée.

Si, comme nous le supposons, les mouvements d'écriture participent à la représentation que les enfants se construisent du langage écrit, au regard des différences que nous venons d'énumérer, les contributions de l'écriture manuscrite et dactylographique seront-elles de même nature ? En fait, très peu d'auteurs ont comparé les avantages respectifs de ces deux modes d'écriture et ceux qui l'ont fait ont étudié des processus très cognitifs comme l'apprentissage de l'orthographe (avec des enfants déjà avancés dans leur scolarité et assez âgés par conséquent). Les raisons pour lesquelles la motricité graphique pourrait influencer l'orthographe ne sont d'ailleurs pas précisées dans ces travaux et les résultats obtenus sont plutôt contradictoires. Une première étude a montré que les enfants orthographiaient mieux les mots appris à la main que ceux appris avec un ordinateur [20]. Toutefois, deux études suivantes n'ont pas retrouvé cet avantage de l'écriture manuscrite [21]. Puisque écrire au clavier est plus simple qu'écrire à la main, et puisque cela ne semble pas affecter l'apprentissage de l'orthographe, certains auteurs promeuvent l'ordinateur comme outil privilégié pour enseigner lecture et écriture aux enfants présentant un handicap intellectuel léger [22]. Nous pensons que, s'il existe effectivement un processus influencé par la motricité graphique, celui-ci devrait être un processus perceptif, mis en jeu au moment de la reconnaissance des lettres, c'est-à-dire au moment de cette étape précoce de la lecture où des traits sur une feuille de papier doivent être identifiés comme des caractères alphabétiques. En d'autres termes, les mouvements d'écriture pourraient permettre de mieux mémoriser la forme et/ou l'orientation des lettres.

Une étude sur l'apprentissage de la lecture/écriture en maternelle

Pour évaluer les conséquences d'un changement d'écriture au moment de l'apprentissage, nous avons comparé chez deux groupes d'enfants l'apprentissage des mêmes lettres, grâce à l'écriture manuscrite et à l'écriture au clavier [23]. Après l'apprentissage, nous avons testé la capacité des enfants à reconnaître visuellement les lettres apprises parmi des distracteurs. Comme nous voulions réaliser cette étude avec des enfants n'ayant pas encore bénéficié d'un apprentissage de l'écrit, nous avons fait appel à des enfants jeunes (3-5 ans), encore en maternelle. Quarante-deux enfants âgés de 2 ans et 9 mois à 4 ans et 9 mois provenant de trois classes maternelles (1 petite et 2 moyennes sections) ont participé à l'expérience qui a eu lieu au début de l'année scolaire dans deux des classes (moyennes sections) et en fin d'année scolaire dans la troisième (petite section). Avant de débiter l'apprentissage en lui-même nous avons fait passer aux sujets une série de pré-tests cognitifs et sensorimoteurs qui, avec d'autres données individuelles (âge, sexe), nous ont servi à répartir les enfants pour constituer deux groupes équilibrés.

Apprentissage :

Nous avons fait apprendre aux enfants 12 caractères majuscules dont l'image en miroir est différente de la lettre elle-même (B, C, D, E, F, G, J, L, N, P, R, Z). Ces lettres ont été incluses dans 4 mots (LAPIN, JOB, CERF, ZADIG). Les enfants avaient préalablement été familiarisés avec ces mots grâce à une histoire que l'enseignant avait racontée avant le début de l'apprentissage. Les voyelles A, O et I n'étaient là que pour constituer des mots, mais n'ont pas été utilisées pour le test de reconnaissance. L'apprentissage a duré 3 semaines, à raison d'une séance d'une vingtaine de minutes par semaine.

Groupe '*écriture manuscrite*'

Chaque mot était présenté sur une feuille de papier, en haut à gauche. Les enfants, avaient pour consigne de le reproduire le plus exactement possible en-dessous avec un stylo feutre. Chaque mot était copié deux fois par séance. Il n'y avait pas de nécessité de produire les lettres dans le bon ordre, ni de les disposer dans un espace particulier de la feuille ; aucune consigne de taille n'était donnée, l'essentiel étant que chaque lettre soit écrite.

Groupe '*clavier*'

Chaque mot était présenté en haut à gauche de l'écran. La consigne donnée aux enfants était de le reproduire le plus exactement possible en-dessous, c'est-à-dire de repérer chaque lettre sur le clavier et d'appuyer dessus. Chaque mot était copié deux fois par séance. Aucune consigne d'ordre d'écriture des lettres n'était donnée. Le clavier utilisé avait été aménagé pour cette étude : seules les 15 touches nécessaires pour écrire les mots avaient été conservées et regroupées au centre du clavier.

Tests :

Un test de reconnaissance des caractères était effectué immédiatement après la 3^e semaine d'apprentissage. Le même test était répété une semaine plus tard. A chaque essai, 4 caractères dont 3 étaient des 'distracteurs' étaient présentés sur l'écran d'un ordinateur (figure 1). L'enfant devait pointer du doigt la 'bonne lettre', c'est-à-dire celle qu'il reconnaissait comme ayant été écrite pendant l'apprentissage. Les distracteurs étaient de trois types : - même forme mais mauvaise orientation (en miroir), - même orientation mais mauvaise forme (parties de la lettre ajoutées ou enlevées), - mauvaise forme et mauvaise orientation.

----- insérer figure 1 par ici -----

Les résultats de cette expérience peuvent être résumés en trois points :

- 1- La reconnaissance des lettres, estimée par le nombre de réponses correctes, est meilleure quand les enfants ont appris les lettres en les écrivant à la main, à condition qu'ils soient suffisamment âgés (> 50 mois). Chez les enfants plus jeunes (< 50 mois), le type d'écriture utilisé pendant l'apprentissage n'influence pas la reconnaissance ultérieure des lettres (fig. 2).
- 2- Cette augmentation des réponses correctes est due à une diminution des erreurs en miroir dans ce groupe (fig. 2). Donc, les enfants qui ont appris en écrivant à la main ont une meilleure représentation de l'orientation des lettres que ceux qui ont appris au clavier.
- 3- Cette différence dans la reconnaissance de l'orientation des lettres n'apparaît qu'après une semaine : les performances restent stables chez ceux qui ont écrit à la main et elles se dégradent chez ceux qui ont appris au clavier.

----- insérer figure 2 par ici -----

Ces différents points seront discutés successivement :

l'importance de la motricité

La première conclusion de cette étude est que l'écriture manuscrite semble contribuer à une meilleure mémorisation des caractères chez les enfants. Ce résultat est en accord avec ceux d'expériences antérieures qui avaient déjà montré que tracer des formes graphiques permettait de mieux les mémoriser [24]. Au-delà de l'écriture à proprement parler, tout mouvement exercé sur les lettres semble porteur d'information. En effet, une étude récente indique que le

fait d'explorer visuellement et tactilement avec l'index des lettres en relief par des enfants de maternelle améliore leur apprentissage de la lecture [25]. En dernier lieu, il faut mentionner que le lien entre la trace écrite et les mouvements peut être très abstrait car la seule description verbale par l'enseignant et l'élève des procédures motrices permet à ces derniers d'accéder plus aisément à l'écriture [26].

l'orientation des lettres

Dans l'étude faite en maternelle, écrire les lettres informe davantage sur l'orientation des caractères que sur leur forme globale. Il faut souligner que l'orientation des lettres est d'une importance cruciale pour identifier les lettres, les confusions entre les caractères et leur image en miroir étant parmi les erreurs les plus fréquemment commises par les jeunes enfants et les 'mauvais lecteurs' [27, 28]. Or, pour les très jeunes enfants le problème n'est pas simple au plan cognitif. En effet, ils apprennent d'abord par eux-mêmes qu'un objet est toujours le même, quelle que soit son orientation dans l'espace. L'orientation spatiale n'est donc pas une variable critique pour discriminer les objets qui les entourent. En revanche, elle devient cruciale lorsqu'ils sont face à des lettres : en effet, un 'd' n'est pas un 'b', un 'p' n'est pas un 'q', etc. Les lettres sont donc des objets étranges qui changent d'identité lorsqu'on les fait tourner ! Il est important d'avoir une bonne représentation de l'orientation des lettres. Or, visuellement, la différence entre une lettre et son image en miroir n'est pas immédiate : les segments rectilignes et curvilignes sont les mêmes, seule leur position relative par rapport à un axe vertical change. Les caractéristiques extraites d'une image à deux dimensions peuvent suffire pour reconnaître rapidement la forme globale de la lettre (détecter s'il manque un segment, ou si au contraire il y en a un en trop) ; mais la vision semble être moins efficace pour distinguer le même stimulus dans différentes orientations. Sur le plan moteur en revanche, écrire une lettre ou son inverse nécessite des mouvements très différents : l'ordre de tracé des

traits, la progression des segments horizontaux (de gauche à droite) et le sens de rotation des parties courbes (horaire ou anti-horaire) diffèrent. En conséquence, le programme moteur qui a été élaboré pour un caractère ne correspond pas à son image en miroir. Si, comme nous le pensons, ce programme moteur est automatiquement activé à la simple vue de la lettre, il pourrait permettre d'éviter la confusion avec son image en miroir.

l'âge des enfants

L'apport des mouvements d'écriture dépend de l'âge des enfants : il existe chez les plus âgés mais pas chez les plus jeunes. Cela pourrait être dû au fait que les structures neuronales qui contrôlent la motricité fine, nécessaire pour produire des mouvements précis des doigts et du poignet, ne seraient pas suffisamment matures chez les enfants les plus jeunes. On sait par exemple que des faisceaux de fibres comme le faisceau cortico-spinal, qui commande les mouvements digitaux, ou le corps calleux qui permet la communication entre les deux hémisphères cérébraux, croissent très fortement au cours des 2 ou 3 premières années de la vie mais continuent à se développer graduellement jusqu'à la fin de l'adolescence.

le besoin de temps

L'apport des mouvements d'écriture demande du temps pour être effectif car il met en jeu des processus mnésiques qui sont assez lents à se stabiliser. En effet, quand un apprentissage moteur prend fin, le programme moteur sous-tendant l'habileté apprise devient graduellement moins fragile (en quelques heures) et cette consolidation s'accompagne de changements dans la représentation neuronale de la mémoire motrice. En contrepartie, une fois stabilisée, la mémoire motrice peut durer pendant très longtemps en absence de toute pratique.

le clavier serait moins efficace

Les mouvements d'écriture dactylographique ne semblent pas favoriser la mémorisation de l'orientation de la lettre. Néanmoins, nous n'avons pas testé la condition contrôle dans laquelle l'apprentissage des lettres aurait été effectué en lecture seulement, sans écrire, c'est-à-dire sans aucun mouvement manuel. Toutefois, des résultats acquis chez des adultes qui devaient apprendre un nouvel alphabet indiquent que l'usage du clavier ne conduit pas à une meilleure reconnaissance des lettres apprises qu'un apprentissage simplement visuel [29]. Comme cela a été mentionné précédemment, nous pensons que le mouvement d'écriture au clavier n'informe pas sur les propriétés spatiales du caractère produit.

Conclusion

S'il fallait se hasarder à donner une réponse à la question provocatrice posée en titre de ce chapitre, nous dirions qu'il est évidemment utile, et à plus d'un titre, d'enseigner l'écriture manuscrite. L'ensemble des résultats présentés ici suggère en effet que les mouvements d'écriture participent à la représentation et à la mémorisation des caractères et donc à leur reconnaissance visuelle. Nous ne pouvons affirmer toutefois que cela aurait un impact sur la lecture à proprement parler, quand il s'agit de percevoir et reconnaître des mots et non plus des lettres isolées. Néanmoins, s'il est définitivement établi que la reconnaissance des lettres est le premier des processus cognitifs qui se produisent pendant la lecture [27], il se pourrait que la façon dont les enfants apprennent à écrire interfère avec leur aptitude à la lecture. Doit-on pour autant rejeter définitivement l'ordinateur pour apprendre l'écrit ? A notre avis, il est trop tôt pour l'affirmer. En effet, si l'écriture manuscrite enrichit la représentation des caractères et facilite leur reconnaissance chez la majorité des enfants, elle pourrait produire l'effet inverse chez ceux qui, pour des raisons diverses, ont des difficultés à effectuer les mouvements fins et précis imposés par l'écriture. Dans ce cas, l'usage du clavier, beaucoup

plus simple au plan moteur, associé à l'ordinateur pour lequel les enfants manifestent un engouement prononcé, pourrait constituer une étape pour préparer le passage à l'écriture manuscrite. De plus, nous n'avons mis l'accent que sur la composante graphique de l'écrit : en demandant aux enfants de reproduire un modèle et de produire une 'bonne' forme, nous avons négligé l'aspect langagier de l'écriture. De ce point de vue, nous étions d'ailleurs assez proches des pratiques pédagogiques habituelles qui, en ce qui concerne la préparation à l'écriture, privilégient de façon quasi exclusive les aspects formels de l'écriture, l'entraînement moteur, les exercices répétitifs... Mais, la centration sur les seuls aspects formels, réduit l'écrit à une activité gestuelle et néglige le fait que c'est un objet social et culturel, un langage et non uniquement une trace [30]. En libérant l'apprentissage de l'écrit des seules contraintes de graphisme, le clavier et l'ordinateur pourraient faciliter l'établissement de la relation entre la trace de l'écrit et son sens.

Remerciements :

Cette recherche a été financée par l'ACI 'Cognitive' du Ministère de l'Education Nationale. M. Longcamp a bénéficié d'une allocation de Recherche de l'ACI 'Cognitive'. Nous remercions tout particulièrement les enseignant(e)s et les enfants des écoles maternelles de Marseille (Château-sec, Desautel et Valmante) grâce auxquels l'étude en maternelle a été réalisée dans les meilleures conditions.

Pour en savoir plus :

Anis, J. (1998). *Texte et ordinateur : l'écriture réinventée ?*, De Boeck Université.

[Cet ouvrage explique de manière accessible les techniques et en analyse les enjeux dans le cadre d'une sémiolinguistique de l'écrit ouverte aux sciences cognitives. Les thèmes traités sont les relations entre informatique et écriture ; le traitement de texte, hypertexte, multimedia, internet, livres électroniques...]

Amigues R. et Zerbato-Poudou M.T. (2000) : *Comment l'enfant devient élève. Les apprentissages à l'école maternelle*. Paris, Retz.

[La troisième partie de cet ouvrage pose la question de l'apprentissage premier de l'écriture dans ses rapports aux activités graphiques traditionnelles. Elle montre l'influence des dispositifs pédagogiques sur la construction du rapport au savoir par les élèves et le sens qu'ils donnent à leur activité.]

Zeiger P.(1995) *Ecrire. Approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. Paris, P.U.F.

[L'ouvrage tente de cerner les processus d'écriture du point de vue de la psychologie cognitive. Deux grandes classes de processus sont examinées : les processus orthographiques et les processus perceptivo-moteurs, à partir de l'approche expérimentale classique et par l'étude d'individus présentant des troubles de l'apprentissage ou de la production de l'écrit.]

Références bibliographiques :

- [1] Jean, G. (1987). *L'écriture, mémoire des hommes*. Paris : Gallimard.
- [2] Poitou, J.P. (1992). Nouvelles technologies et élévation des qualifications : à propos du rôle de la visuo-motricité et de la motricité graphique dans l'activité cognitive globale du technicien de bureau d'étude, *Intellectica*, 1/2, 13-14, 185-217.
- [3] Paillard, J. (1971). Les déterminants moteurs de l'organisation spatiale. *Cahiers de Psychologie*, 14, 261-316.
- [4] Martin, A., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (2000). Category specificity and the brain: the sensory/motor model of semantic representations of objects. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences*, (pp. 1023-1036). Cambridge, MA : MIT Press.
- [5] Chao, L. L. & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *NeuroImage*, 12, 478-484.
- [6] Warrington, E. K. & McCarthy, R. A. (1987). Categories of knowledge: further fractionations in an attempted integration. *Brain*, 110, 1273-1296.
- [7] Magnié, M. N., Ferreira, C. T., Guisiano, B., & Poncet, M. (1999). Category specificity in object agnosia: preservation of sensorimotor experiences related to objects. *Neuropsychologia*, 37, 67-74.
- [8] Sirigu, A., Duhamel, J. R., & Poncet, M. (1991). The role of sensorimotor experience in object recognition : a case of multimodal agnosia. *Brain*, 114, 2555-2573.
- [9] Sasaki, M. (1987). Why do Japanese write characters in space? *International Journal of Behavioral Development*, 10, 135-149.
- [10] Naka, M. & Naoi, H. (1995). The effect of repeated writing on memory. *Memory and Cognition*, 23, 201-212.
- [11] Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A.-C., Chokron, S., & Degos, J.-D. (2002). Visually- and motor-based knowledge of letters: evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia*, 40, 1363-1371.
- [12] Mycroft, R., Hanley, J. R., & Kay, J. 2002. Preserved access to abstract letter identities despite abolished letter naming in a case of pure alexia. *Journal of Neurolinguistics* 15: 99-108.
- [13] Seki, K., Yajima, M., & Sugishita, M. (1995). The efficacy of kinesthetic reading treatment for pure alexia. *Neuropsychologia*, 33, 595-609.
- [14] Kato, C., Isoda, H., Takehar, Y., Matsuo, K., Moriya, T., & Nakai, T. (1999). Involvement of motor cortices in retrieval of kanji studied by functional MRI. *Neuroreport*, 10, 1335-1339.
- [15] Longcamp, M., Anton, J. L., Roth, M., & Velay, J. L. (2003). Visual presentation of single letters activates a premotor area involved in writing. *NeuroImage*, 19, 1492-1500.
- [16] Anderson, S. W., Damasio, A. R., & Damasio, H. (1990). Troubled letters but not numbers: domain specific cognitive impairments following focal damage in frontal cortex. *Brain*, 113, 749-766.
- [17] Longcamp, M., Anton, J. L., Roth, M., & Velay, J. L. Premotor activations in response to visually presented single letters depend on the hand used to write: a study on left-handers. (soumis).
- [18] Viviani, P. (1994). Les habiletés motrices. In M. Richelle, J. Requin, M. Robert (Eds), *Traité de Psychologie Expérimentale*, (pp 777-858), Paris, P.U.F.
- [19] Logan, F. A. (1999). Errors in copy typewriting. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, 25, 1760-1773.
- [20] Cunningham, A. E. and Stanovich, K. E. (1990). Early spelling acquisition: Writing beats the computer. *Journal of Educational Psychology*, 82, 159-162.

- [21] Vaughn, S., Schumm, J. S., and Gordon, J. (1992). Early spelling acquisition: Does writing really beat the computer? *Learning Disability Quarterly*, 15, 223-228.
- [22] Calhoun, M. L. (1985). Typing contrasted with handwriting in language arts instruction for moderately mentally retarded students. *Education and Training of the Mentally Retarded*, 20, 48-52.
- [23] Longcamp, M., Zerbato-Poudou M.T. & Velay J.L. Writing practice influences the recognition of letters orientation in preschool children. (soumis).
- [24] Hulme, C. (1979). The interaction of visual and motor memory for graphic forms following tracing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 249-261.
- [25] Gentaz, E., Colé, P. & Bara, F. (2003). Evaluation d'entraînements multisensoriels de préparation à la lecture pour enfants en grande section de maternelle: une étude sur la contribution du système haptique manuel. *L'Année Psychologique*, 104, 561-584.
- [26] Zerbato-Poudou, M.T. (2000). L'apprentissage premier de l'écriture, nouvelles conceptions. In Amigues R. et Zerbato-Poudou M.-T. (Eds), *Comment l'enfant devient élève*. Paris, Retz.
- [27] Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: thinking and learning about print.*, Cambridge, MIT press.
- [28] Terepocki, M., Kruk, R. S., & Willows, D. M. (2002). The incidence and nature of letter orientation errors in reading disability. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 214-233.
- [29] Longcamp, M., Velay, J. L., Gilhodes, J. C., Besson, M., & Zerbato-Poudou, M. T. (2000). Impact de la motricité manuelle au cours de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture: comparaison des écritures manuscrite et dactylographique. L'apprentissage: une approche transdisciplinaire. Journées Internationales d'Orsay sur les Sciences Cognitives. 189-192.
- [30] Zerbato-Poudou M.T. (1999). Rôle du contexte dans l'apprentissage premier de l'écriture en école maternelle. A la conquête de l'écrit. *Repères*, 18, 113-122.

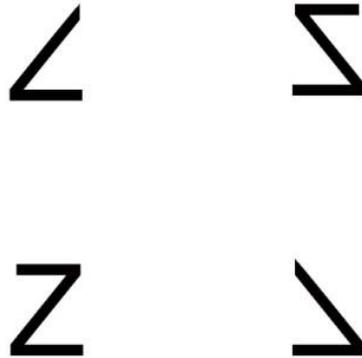


Figure 1 : exemple de configuration présentée à l'écran au cours du test de reconnaissance.

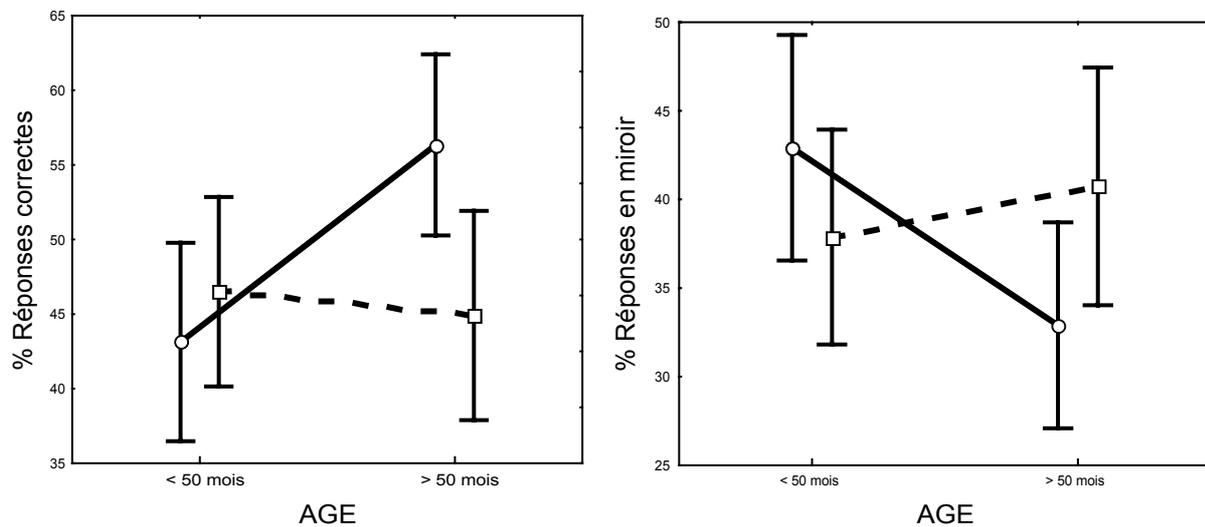


Figure 2 : Taux de réponses correctes (gauche) et de réponses en miroir (droite) en fonction de l'âge pour le groupe qui a appris les lettres en les écrivant à la main (trait continu) et pour celui qui a appris au clavier (trait pointillé)