



HAL
open science

Etude de l'écriture chez l'enfant et l'adulte porteurs de trisomie 21 : bilan et perspectives de recherches

Raphaële Tsao, Eloïse Moy, Carole Tardif

► To cite this version:

Raphaële Tsao, Eloïse Moy, Carole Tardif. Etude de l'écriture chez l'enfant et l'adulte porteurs de trisomie 21 : bilan et perspectives de recherches. A.N.A.E. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 2014. hal-01787266

HAL Id: hal-01787266

<https://hal.science/hal-01787266v1>

Submitted on 7 May 2018

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.

Etude de l'écriture chez l'enfant et adulte porteurs de trisomie 21 :

bilan et perspectives de recherche

R. Tsao, E. Moy & C. Tardif

¹ TSAO Raphaele, Maître de conférence en Psychologie du développement

Centre PsyCLE (Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'émotion), EA 3273, Université d'Aix-marseille, France.

IUFM Aix en Provence

2 avenue Jules Isaac

13626 Aix en Provence Cedex 1

e-mail: raphaelle.tsao@univ-amu.fr

² Moy Eloise, doctorante en Psychologie

Centre PsyCLE (Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'émotion), EA 3273, Université d'Aix-marseille, France.

³ Tardif Carole, Professeur de Psychologie du développement

Centre PsyCLE (Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'émotion), EA 3273, Université d'Aix-marseille, France.

Etude de l'écriture chez l'enfant et adulte porteurs de trisomie 21 : bilan et perspectives de recherche

Résumé : cet article présente une synthèse des travaux sur l'écriture chez l'enfant et l'adulte porteur de trisomie 21. Ce champs est peu investi par la communauté scientifique alors que l'écriture est une habileté hautement sollicitée dans le cadre scolaire et constitue un outil de communication essentiel. Après une présentation des travaux sur les caractéristiques de l'écriture du normoscripteur, nous exposerons les quelques recherches liées à l'acquisition de l'écriture chez des personnes porteuses de trisomie 21. Des implications en termes de recherche à venir et de prise en charge seront discutées.

Mots clés : Trisomie 21, développement, écriture, dessin

Handwriting in children and adults with Down Syndrome : news developments in research

Abstract : the aim of the present paper is to investigate handwriting in children and adults with Down syndrome (DS). While there is a long history and tradition of behavioural research on basic motor skills in DS, handwriting ability has been rather neglected, even though it is an important mode of communication. After a presentation of development handwriting in typically developing individuals, we will present and discuss results revealed that adults with DS are capable of producing acceptable writing. Implications for future research and education will be also discussed.

Keywords : Down syndrome, Development, Handwriting, Drawing

Introduction

Relativement à la loi de 2005 (Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées), la société française s'est vue réaffirmée son champ d'investigation dans le domaine de l'éducation et de l'insertion sociale et professionnelle des personnes en situation de handicap. Malgré les avancées technologiques, l'écriture continue d'être une habileté hautement sollicitée dans le cadre scolaire et constitue en partie les bases d'une intégration et d'une participation à une vie communautaire réussie. Ce travail vise à explorer un champ d'étude jusque-là peu abordé par la communauté scientifique, à savoir l'étude de l'écriture chez des personnes porteuses de trisomie 21. L'objet de cet article est de présenter tout d'abord une brève synthèse des travaux sur les caractéristiques de l'écriture du normoscripteur, en termes de mouvement et de contrôle moteur, et sur les phénomènes pathologiques liés à l'écriture et aux difficultés d'apprentissage graphique. Dans une seconde partie, nous exposerons les quelques travaux sur l'acquisition de l'écriture chez des personnes porteuses de trisomie 21 permettant ainsi de savoir si l'acquisition de l'écriture se caractérise, dans cette population, par un retard simple ou par des déficits spécifiques aboutissant à des différences de fonctionnement.

L'écriture

La production écrite est définie comme une activité complexe, nécessitant de nombreuses années d'apprentissage, et contrainte par une pluralité de processus (Van Galen, 1991 ; Viviani, 1994 ; Zesiger, 1995). L'écriture repose sur une coordination entre des mécanismes cognitifs et linguistiques, alloués à la production de textes (sémantique, syntaxe et orthographe), et des traitements perceptivo-moteurs, dédiés à la programmation et l'exécution des mouvements (graphomotricité). Pour connaître la façon dont ces différents processus peuvent se coordonner les uns par rapport aux autres (Olive & Kellogg, 2002), il convient

dans un premier temps de comprendre le fonctionnement propre à chacun, en fonction des particularités des personnes porteuses de Trisomie 21. Nous restreindrons donc nos propos à la fonction motrice de l'écriture en examinant la manière dont sont générés les mouvements permettant la formation de séquences de lettres. A l'heure actuelle, deux types d'approches sont privilégiées pour étudier l'écriture (Albaret & Santamaria, 1996, Vinter & Zesiger, 2007). La première consiste à évaluer la lisibilité et la rapidité des productions écrites au moyen d'échelles d'évaluation standardisées et normalisées. En France, l'échelle la plus utilisée est l'adaptation française du BHK (Hamstra-Bletz & Blöte, 1993), échelle d'évaluation rapide de l'écriture proposée par Charles, Soppelsa & Albaret (2004). Cette échelle vise à évaluer l'écriture recueillie dans une tâche de copie de texte d'une durée de cinq minutes. La seconde approche consiste en une analyse des propriétés temporelles, spatiales et cinématiques des mouvements d'écriture par le biais de tablettes graphiques. L'utilisation des tablettes graphiques s'est répandue et continue de fournir un ensemble de données intéressantes en terme de compréhension des processus cognitifs et de contrôle moteur sous-jacents à l'acte d'écriture.

L'écriture, un acte moteur

Avant de présenter les travaux dans ce domaine, il est utile de proposer une description de ce qu'est l'écriture (au sens restreint du terme) et de ce qu'elle implique en termes de processus cognitifs. Il est classique de définir l'écriture comme une habileté reposant sur deux dimensions : « *une fonction motrice primaire, qui permet l'exécution des gestes dont l'expression écrite a besoin et une fonction linguistique, qui code les informations à différents niveaux structurels (lexique, syntaxique et graphémique)* » (Marcié & Hécaen, 1989, in Corraze, 1999). Nos propos porteront uniquement sur la fonction motrice de l'écriture en examinant la manière dont sont programmés et exécutés les mouvements permettant la

formation de séquences de lettres. Dans notre système scriptural, les lettres doivent s'agencer de façon horizontale de gauche à droite. Ces lignes doivent être parallèles les unes aux autres et agencées sur la page du haut vers le bas. Deux types de contraintes sont donc impliquées dans la production de l'écriture : celle liée à la forme de la lettre et celle relative à l'agencement de ces formes dans l'espace graphique. La première contrainte se réfère à la production de « bonnes formes » correspondant à ce que Paillard (1990) nomme l'aspect morphocinétique de l'écriture. Cet aspect est régi par les articulations distales composées du poignet et de la main, respectivement responsables des mouvements de la main et des doigts. Elles sont directement sollicitées pour la formation de lettres de taille « normale », selon les méthodes d'instruction scolaire. Tant que l'écriture demeure de taille réduite, elles contrôlent majoritairement les composantes morphocinétiques. Ces composantes sont sous la dépendance de processus de programmation motrice en boucle ouverte ou de contrôle « proactif » (Zesiger, 1995). Le second type de contrainte se rapporte à l'agencement spatial de ces formes, régies par les articulations proximales impliquant l'épaule (responsable des mouvements du bras) et le coude (responsable des mouvements de l'avant-bras). Ces articulations permettent ainsi le déplacement dans l'espace graphique grâce à des mouvements de translation lents et continus, de gauche à droite et de haut en bas avec retour à la ligne (pour notre système d'écriture latine alphabétique). Elles contrôlent les composantes topocinétiques de l'écriture en assurant l'agencement des formes graphiques, tel que l'espace entre les lettres, les signes de ponctuation ou les lignes. Ces articulations sont d'autant plus sollicitées que l'écriture produite est de grande taille, de forte amplitude. La composante topocinétique concerne donc les déplacements de la main dans le cadre contraignant d'un espace graphique orienté et est sous la dépendance d'un contrôle rétroactif se réalisant en cours d'exécution. Le développement maturationnel des articulations distales est plus tardif

que celui des articulations proximales, expliquant la difficulté rencontrée par les jeunes enfants dans la production d'écriture de taille réduite.

Modèles de production de l'écriture

Le modèle de Van Galen (1991) est l'un des modèles les plus complets chez l'adulte notamment sur le plan de la programmation des mouvements. L'écriture y est envisagée comme la résultante de traitements hiérarchisés allant du plus abstrait au plus concret. L'auteur y différencie les modules linguistiques des modules moteurs. Les premiers sont le rappel sémantique, la construction syntaxique et l'orthographe. Les modules moteurs correspondent à trois niveaux de traitement : 1- la sélection des allographes (détermination de la forme de la lettre qui correspond au rappel d'un programme moteur stocké en mémoire), 2- le contrôle de la taille et 3- l'ajustement musculaire (adaptation aux exigences de la situation avec la sélection des groupes musculaires impliqués dans la réalisation motrice et la mise en place des synergies entre muscles agonistes et antagonistes). Dans ce modèle, les unités traitées par les divers composants varient selon leur niveau dans la hiérarchie : le caractère pour le niveau allographique et le trait pour l'étape d'initiation motrice. Ces trois étapes successives se réalisent de manière hiérarchique (top-down). Plus les composants sont situés à un niveau élevé, plus ils sont en avance dans le temps par rapport à la production réelle. Ce modèle fonctionne en boucle ouverte, son actualisation ne reposant pas sur des processus de feedback. Les mécanismes de rétroaction sont, selon l'auteur, une condition naturelle mais non indispensable à la génération de l'écrit. Cependant, certains auteurs regrettent l'absence de prise en compte des processus visuospatiaux, via une étape impliquée dans la génération de l'arrangement spatial après l'accès au programme moteur, ou encore des interactions entre processus perceptivomoteurs et orthographiques (Graham , Struck, Santoro & Beringer,

2006 ; Kandel & Valdois, 2005 ; Kandel, Alvarez, Vallée 2006a ; Kandel, Soler, Valdois, Gros, 2006b ; Lambert, Kandel, Fayol, Espéret, 2008).

Acquisition de l'écriture chez l'enfant

Au cours du développement, l'enfant doit élaborer des programmes moteurs spécifiques à l'écriture qui lui permettront d'écrire de façon plus lisible et rapide (Vinter & Zesiger, 2007 ; Zesiger, 1995 ; Zesiger, Deonna & Mayor, 2000). On assiste au début de l'apprentissage à un contrôle de type rétroactif où l'enfant utilise la vision et ses informations musculaires pour contrôler le bon déroulement de l'écriture. Les lettres sont générées par la juxtaposition de petits segments qui, accolés les uns aux autres, forment les différents traits constitutifs de la lettre. Ce type de production se caractérise par des lettres de grande taille présentant un aspect cabossé et irrégulier sur le plan spatial et par une lenteur sur le plan temporel. Des erreurs d'orientation (gauche-droite) et des déformations importantes de la taille des traits sont aussi observées. La répétition des expériences en boucle perceptivo-motrice fermée va permettre à l'enfant de constituer des représentations internes de programmes moteurs. Ces représentations vont progressivement guider l'écriture de façon proactive. Elles permettront ainsi une programmation motrice lettre par lettre, et non plus trait par trait. Les productions de l'enfant vont gagner en fluidité, en rapidité et en régularité. Le passage entre ces deux processus cognitifs impliqués dans l'écriture se réalise vers 9-10 ans. Par la suite, les évolutions se caractérisent essentiellement par une personnalisation de l'écriture par le biais d'inclinaison, d'augmentation ou de réduction de la taille des tracés ou encore par la combinaison d'écriture cursive et script (Graham , Berninger, Weintraub, 1998). L'enjeu est alors d'établir le meilleur compromis entre les exigences de lisibilité, de rapidité et de style. Certaines études mettent en avant un effet du genre en indiquant que les filles présentent généralement des performances supérieures à celles des garçons tant sur la qualité des tracés

que sur la vitesse de production (Vlachos & Bonoti, 2006 ; Graham, Berninger, Weintraub & Schafer, 1998 ; Blöte & Hamstra-Bletz, 1991). Toutefois, en étudiant l'écriture au cours de l'adolescence, Dorfberger, Adi-Japha et Karni (2009) montrent que cet avantage est relatif, les garçons post-pubère tendant à rattraper les niveaux de performance des adolescentes.

Concernant la latéralité, autre facteur de variation interindividuelle étudié, il apparaît que les droitiers ne se distingueraient pas des gauchers tant au niveau des critères de lisibilité qu'au niveau des caractéristiques cinématiques des mouvements (Ziviani & Elkins, 1984 ; Meulenbroek & Van Galen, 1989).

Troubles de l'écriture

Certains enfants éprouvent des difficultés à écrire (lenteur excessive et/ou faible lisibilité) qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur leur scolarité. Ces enfants doivent consacrer l'essentiel de leurs capacités attentionnelles à contrôler leurs productions de séquence de lettres, laissant ainsi peu de ressource disponible pour traiter les autres dimensions de la production écrite, qui plus est en contexte scolaire (Berninger et al., 1997; Fayol & Miret, 2005 ; Graham, Harris & Fink, 2000). La dysgraphie se définit ainsi comme un trouble du langage écrit, affectant les composantes mécaniques de l'écriture, intervenant chez un enfant d'intelligence normale, en l'absence de trouble neurologique ou de handicap perceptivo-moteur (Hamstra-Bletz & Blote, 1993). La proportion d'enfants touchés par ce trouble varie entre 10 et 30% des enfants (selon l'âge et les critères choisis pour définir ce trouble) (Hamstra-Bletz & Blote, 1993; Karlsdottir & Stefansson, 2002; Rubin & Henderson, 1982; Smits-Engelsman, Niemeijer, & Van Galen, 2001). Une fréquence plus importante du trouble a été relevée chez des garçons, à raison de 3 garçons pour 1 fille (Hamstra-Bletz & Blote, 1993 ; Karlsdottir & Stefansson, 2002 ; Ziviani, 1984). Les enfants touchés par un trouble dysgraphique peuvent concerner tout aussi bien des enfants prématurés, enfants avec trouble

de l'attention et hyperactivité, enfants épileptiques, cérébro-lésés, IMC ou hémiplegiques, TED, et surtout enfant avec un trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). Les perturbations vont de la simple erreur de substitution de lettres jusqu'à l'incapacité d'écrire. Les origines des troubles de l'écriture ne sont pas à rechercher dans une cause unique. Les études de Zesiger et collaborateurs (2000) et Zesiger (2003) confirment que l'origine des déficits peut se situer au niveau de la programmation motrice et/ou de l'exécution des patterns graphiques. L'origine des dysgraphies pourrait être ainsi liée à un défaut d'élaboration du programme moteur, engendrant une lenteur d'écriture, de longues pauses, des levers de stylo fréquents, une absence de fluidité et enfin une utilisation excessive des informations visuelles pour produire les mouvements distaux (Wann & Jones, 1986 ; Rosenblum, Weiss & Parush, 2003 ; Zesiger, 2003). En effet, chez les mauvais scripteurs, la suppression des informations visuelles a un effet bénéfique sur la qualité des mouvements des doigts mais un effet négatif sur ceux du poignet (Van Dorn & Keuss, 1993). Le trouble dysgraphique peut également être lié à une difficulté à inhiber le bruit neuromoteur inhérent au fonctionnement biomécanique du système (Van Galen, Portier, Smits-Engelman & Schomaker, 1993). Ces enfants auraient une mauvaise régulation des forces de contrainte spatiale du geste (Smits-Engelman, Van Galen, Portier, 1994). On peut ainsi observer chez les mauvais scripteurs une variabilité à la fois spatiale (irrégularité de la taille), temporelle (inconstance des temps d'exécution de chaque trait) et cinématique (variabilité de la vitesse en fonction du temps). Quelle que soit l'origine du trouble, il est loin d'être anecdotique et peut constituer un sérieux handicap pour le reste de la scolarité de l'enfant. La négligence du problème peut entraîner une baisse d'intérêt pour les tâches scolaires, de l'anxiété, de l'évitement et des sentiments négatifs sur l'activité elle-même et sur l'enfant en général (Sassoon , Nimmo-Smith & Wing, 1986). Les enfants qui restent dysgraphiques voient leur chance de réussite scolaire diminuer. Il existe en effet des corrélations positives entre l'écriture et d'autres apprentissages scolaires de base

comme la vitesse de lecture, d'épellation et de composition (Berninger et al., 1997). Actuellement, les actions de remédiation oscillent entre des aménagements dans le cadre scolaire (adaptation des gestes professionnels des enseignants, utilisation de clavier) et une prise en charge au niveau des fonctions instrumentales. Parallèlement, des logiciels d'acquisition de l'écriture ont vu le jour en intégrant le rôle du feedback visuel et d'explication verbale comme aide à la planification des mouvements. Pour l'heure, et à notre connaissance, aucune méthode n'a fait l'objet d'une validation scientifique. Concernant le champ de la déficience intellectuelle, et plus spécifiquement de la trisomie 21, à ce jour, les études sont peu nombreuses bien que les retombées sur le plan de la recherche fondamentale et appliquée apparaissent évidentes.

La trisomie 21

La trisomie 21, caractérisée par la présence excédentaire d'un exemplaire du chromosome 21, se définit comme une anomalie génétique affectant l'ensemble de l'organisme dont la déficience intellectuelle en est la caractéristique principale. L'incidence de la trisomie 21 est relativement stable (1 naissance sur 650-1000) (Bittles, Bower, Hussain & Glasson, 2006). A travers le monde, 700 bébés naîtraient chaque jour et on comptabiliserait à peu près 255 000 individus porteurs de trisomie 21 dans le monde (Starbuck, 2011) dont 50000 en France. Le facteur de risque principal avancé étant l'âge de la maternité (Sherman, Allen, Bean, Freeman, 2007). Toutefois, le nombre de bébés naissant avec une trisomie 21 est variable selon les pays et dépend d'un ensemble de facteurs comme l'âge des femmes au moment de la maternité, du dépistage anténatal, des lois régissant la possibilité d'avortement thérapeutique (Carlier & Ayoun, 2007). Bien que l'incidence de la trisomie 21 reste relativement stable, la prévalence de ce syndrome va en augmentant notamment du fait de l'allongement de l'espérance de vie de ces personnes. En 50 ans, la survie du bébé porteur de trisomie 21 au cours de sa première

année de vie est passé de 50% (Record & Smith, 1955) à plus de 90-95% de nos jours (Bittles & al., 2006 ; Leonard, Bower, Petterson, Leonard, 2000). D'après Rasore-Quartino (1999), l'espérance de vie serait passée de 9 ans en 1929 à 12 ans en 1947, puis à 52 ans en 1970. A l'heure actuelle, elle est de à 61,1 ans chez les hommes et 57,8 ans chez les femmes (Bittles et al., 2007 ; Glasson et al., 2003). Précisons que l'effet du facteur sexe sur l'espérance de vie ne se retrouve pas dans toutes les études (Torr, Stydrom, Patti & Jokinen, 2010). L'étude de Bittles et collaborateurs (2006), basée sur une cohorte de 298 certificats de décès, précise que 29.9% des adultes décèdent après l'âge de 50 ans, dont 25.0% entre 57 et 62 ans. Dans nos sociétés, le nombre d'adultes T21 âgés de 40 ans et plus est donc en constante augmentation. Des études projectives précisent que la prévalence de ce groupe devrait augmenter de 100% en 2045 (Larsen & Kirkevoid, 2008). Les facteurs explicatifs avancés sont multiples : mouvements de désinstitutionalisation engagés depuis les années 1970, meilleur suivi médical et prise en charge éducative.

Trisomie 21 : développement cognitif et moteur.

A ce jour, la littérature scientifique et les revues spécialisées sur le handicap ont une préoccupation dominante pour les domaines du langage et certains aspects cognitifs, contre un délaissement relatif concernant l'étude des actions motrices. A notre connaissance, ce manque d'intérêt est d'autant plus marqué pour l'étude des conduites graphiques. Après avoir présenté de manière succincte le développement cognitif de la personne avec trisomie, nous aborderons la question de la spécificité du développement des actions motrices.

La trisomie 21 ou syndrome de Down fait partie des déficiences intellectuelles définies comme modérées à sévères. Le quotient intellectuel se distribue d'une façon gaussienne avec un pic à 40-45 et un quotient maximum de 65-79 (Dalla Piazza & Dan, 2001; Lambert & Rondal, 1979). Toutefois, des études psychométriques rapportent une forte variabilité interindividuelle (Carr, 1985, 1995; Couzens, Cuskelly & Jobling, 2004; Tsao &

Kindelberger, 2009). Outre un déficit global, de nombreux travaux s'accordent à reconnaître un phénotype spécifique à la trisomie 21. Il se caractérise par un déficit cognitif et langagier comparativement à des capacités visuo-spatiales et d'adaptation sociale relativement préservées (Chapman & Hesketh, 2000 ; Dykens, Hodapp & Finucane, 2005 ; Fidler, Filofsky & Hepburn, 2007 ; Hodapp, Desjardin & Ricci, 2003). Des difficultés au niveau de la mémoire phonologique à court terme et des apprentissages en général sont mentionnées dans la littérature (Fidler, 2005; Hodapp, Desjardin & Ricci, 2003; Nadel, 1999, Vicari, 2001, Vicari, Verucci & Carlesimo, 2007). Les retards de développement constatés au niveau du fonctionnement cognitif s'observent, selon des patterns relativement identiques, dans le domaine du développement des actions motrices. De façon schématique, on retrouve un retard au niveau des âges d'acquisition de la période sensori-motrice (Cowie, 1970 ; Wishart, 1996 ; Dunst, 1998). Cowie (1970) est l'un des premiers auteurs à avoir fourni une évaluation longitudinale du développement psychomoteur du jeune enfant trisomique durant sa première année de vie. Les données mettent en avant une incidence importante et massive d'hypotonie généralisée (importante au moins jusqu'à 6 mois d'âge) ainsi qu'une disparition retardée des réflexes primaires. Cowie associe les retards de développement à un déficit hypotonique dont l'origine est supposée être cérébelleuse et/ou cérébrale. La qualité des gestes de l'enfant avec trisomie est souvent décrite comme moins efficace tant au niveau du temps de planification et/ou d'exécution qu'au niveau de la fluidité du mouvement (Henderson, 1986 ; Block, 1991). La lenteur et la maladresse apparaissent comme les caractéristiques princeps du retard mental et sont au centre des troubles ou difficultés (Anson, 1992 ; David & Kelso, 1982 ; Latash, 1992). Ces retards de développement affectent à la fois les actions posturales et manuelles (Carlier & Ayoun, 2007 ; Rigoldi, Galli & Albertini, 2011, Vicari, 2006). Les travaux sur les tâches d'atteinte et/ou de saisie se sont appuyés sur l'analyse cinématique du mouvement afin de décomposer l'ensemble des processus de programmation et d'exécution. Ces recherches

mettent ainsi en avant des anomalies cinétiques dans les phases d'approche, de saisie et de transport d'objets (Charlton, Ihnsen & Oxley, 1996 ; Kearney & Gentile, 2003 ; Mellier & Elloy, 1998). Une lenteur sur le plan des séquences d'action est observée ainsi que des défauts dans l'ajustement du mouvement en phase de décélération signalant des difficultés à anticiper et à réguler les mouvements d'atteinte et de saisie sur la base d'informations visuelles et proprioceptives. L'étude de Charlton et collaborateurs (1996) montre que la lenteur motrice correspond à un mode de contrôle privilégié. En effet, la lenteur des mouvements s'explique par une phase de décélération plus longue lors de la trajectoire dévoilant plusieurs unités de mouvement (une unité de mouvement se calculant sur la base des profils de vitesse : compris entre une phase d'accélération et de décélération). Pour Latash (1992), la lenteur décisionnelle et motrice est envisagée comme une stratégie adaptée afin de pallier à des déficits au niveau des mécanismes perceptivo-moteurs élémentaires. Ces sujets seraient ainsi contraints à la lenteur du fait de la nécessité d'utiliser leur attention dans la vérification incessante des mouvements qui demeurent désordonnés et peu efficaces. L'intérêt majeur de cette hypothèse est d'insister sur le rôle adaptatif d'un tel fonctionnement et de ne plus envisager la vitesse de réalisation uniquement en termes d'efficacité mais aussi en termes d'adaptabilité face à une situation donnée. L'ensemble de ces études souligne la précocité des difficultés d'intégration perceptivo-motrice en cas de déficience intellectuelle ainsi que leur persistance au cours du développement. Il met en avant la difficulté à régler un déplacement en fonction d'un projet spatial, l'organisation du mouvement restant dépendante d'un mode de contrôle par feedback. On peut alors légitimement s'attendre à observer des difficultés dans les actions graphomotrices réputées hautement complexes.

Trisomie 21 et les habiletés graphiques : délai ou différence ?

Les activités graphomotrices sont fondamentales dans la mesure où elles permettent à l'enfant de mettre en place diverses habiletés, tant sur le plan perceptivo-moteur que sur celui de la manipulation de symboles et de signes, sur lesquelles viendra se greffer l'apprentissage de l'écriture (Oken-Wright, 1998 ; Zesiger, Deonna & Mayor, 2000). L'étude des habiletés graphomotrices révèle un retard au niveau des âges réels d'acquisition chez les enfants avec trisomie. La question est de savoir si ces décalages temporels reflètent un simple retard de développement ou s'ils sont accompagnés d'originalités procédurales en matière de planification et d'exécution des tracés. L'analyse de dessins géométriques et/ou figuratifs (Barrett & Eames, 1996 ; Detable & Vinter, 2003 ; Tsao & Mellier, 2005) révèle des performances graphiques chez l'enfant et l'adolescent avec trisomie comparables à celles d'enfants tout-venant de même âge de développement confortant ainsi l'hypothèse de séquence et de structure similaires (Bennett-Gates & Zigler, 1998). Concernant les habiletés graphiques, il semblerait que l'acquisition des premiers tracés (trait, rond, point...) soit obtenue avec une relative aisance. Les autres formes, supposant l'utilisation et le contrôle des références externes (bord de la feuille) ainsi qu'une stratégie séquentielle et planifiée, demandent un apprentissage plus complexe et plus long (Noack, 1997). L'étude de Barrett et Eames (1996) montre que l'évolution du dessin du bonhomme chez des enfants porteurs de trisomie 21 repose sur une séquence développementale similaire à celle observée chez des enfants au développement typique. Les premiers dessins représentent un bonhomme additif composé de parties juxtaposées puis évoluent vers des dessins dans lesquels chaque partie est intégrée dans le contour de la silhouette. Néanmoins, l'analyse des productions dans diverses tâches de copie (figure géométrique fermée, figure géométrique ouverte, dessin du bonhomme segmenté et dessin du bonhomme sans contour) met en avant, chez le groupe d'enfants avec trisomie, des productions de meilleures qualités pour les figures non représentatives. Ainsi, les

performances au niveau de la maîtrise des unités graphiques sont préservées alors que des difficultés apparaissent au niveau de la coordination interfigurales nécessaire à la production de dessins plus élaborés. Toutefois, ces résultats ne sont pas corroborés par l'étude de Dykens, Rosner & Tran (2001) qui rapporte des performances comparables entre des dessins figuratifs (dessin du bonhomme) et géométriques. Concernant l'analyse des procédures graphiques dans des tâches de production de figures géométriques, certains travaux plaident là encore en faveur d'un développement similaire. Précisons que la réalisation d'une figure géométrique est régie par l'application de règles syntaxiques (Goodnow & Levine, 1973 ; Van Sommers, 1984, 1989) se référant aux règles de départ et de progression des tracés. L'application de cette grammaire d'action jouerait un rôle central dans le développement des actions graphomotrices en facilitant la fluidité du mouvement et la précision des tracés. Plusieurs travaux ont, en effet, montré que le non respect de ces règles détériorait la production (Baldy, 2002 ; Meulenbroek, Vinter & Mounoud, 1993 ; Kirk, 1981). Il s'avère que les enfants avec déficience intellectuelle, dont la trisomie 21, appliquent ces règles de grammaire d'action et que leur évolution au cours du développement est similaire à celle observée en cas de développement typique (Detable & Vinter, 2003 ; Tsao & Mellier, 2005). Pour d'autres auteurs, l'absence de corrélation entre les habiletés graphiques et l'âge mental chez l'enfant avec trisomie est avancée comme un argument en faveur de l'hypothèse différentielle (Clements & Barrett, 1994 ; Cox & Maynard, 1998 ; Laws & Laurence, 2001). Néanmoins, il semble légitime de se demander si l'absence de corrélation ne relève pas davantage d'une variabilité des domaines de compétence, ou d'une hétérochronie développementale, plutôt que d'une organisation spécifique des actions graphiques. En effet, l'analyse des productions rapportées ne met en avant de spécificités sur le plan de l'organisation et/ou de l'exécution des tracés mais indique plutôt des procédés comparables à ceux ou observés chez des enfants ordinaires mais plus jeunes. En somme, il nous semble difficile d'envisager le développement

des actions graphomotrices d'enfants porteurs de trisomie comme spécifiques puisqu'il s'observe selon des patterns identiques chez des enfants d'âge pré-scolaire au développement typique.

Trisomie 21 et l'acquisition de l'écriture

Dans le domaine de l'écrit, nous ne disposons à l'heure actuelle que peu de travaux. Ce sujet n'est, en effet, que peu traité dans la littérature internationale. A titre d'exemple, le relevé de références bibliographiques à partir de base de données telle que PsycINFO, en date du 10 Juin, fait état de 4763 publications concernant la trisomie 21 dont trois sont directement consacrées à l'étude de l'écriture. Quelques recherches attestent pourtant du fait que les personnes porteuses de trisomie 21 sont capables d'écrire. Ainsi, en moyenne, 25% d'entre elles atteignent le niveau scolaire d'un enfant de 11 ans (Sloper, Cunningham, Turner & Knussen, 1990; Turner & Alborz, 2003), âge auquel l'écriture est supposée être fluide et de bonne qualité. Dès l'âge de 5 ans, certains enfants avec trisomie sont capables d'écrire des mots familiers, tels que leur nom et prénom, et des phrases simples pour les plus âgés (Trenholm & Mirenda, 2006). L'étude de Vaginay (1995), ayant porté sur 94 enfants trisomiques de 6 à 14 ans, montre qu'à partir de 10-11 ans, la majorité de ces enfants parviennent à écrire quelques mots familiers sans modèle (prénom de l'enfant, maman, papa). Leurs productions sont majoritairement écrites en majuscules et les 2/3 d'entre elles sont définis comme correctes et lisibles. Pour des énoncés plus longs et complexes (groupe nominal et phrase), le taux de réussite diminue sensiblement. Malheureusement, nous ne disposons pas de données sur l'analyse des tracés. Chez l'adulte, l'enquête de Trenholm et Mirenda (2006) montre que la grande majorité des adultes trisomiques âgés de 19 à 41 ans sont capables d'écrire. Cela va de l'écriture d'un mot ou du prénom jusqu'à l'écriture d'un courrier ou de réponses simples à des questions. L'étude de cas rapporté par Rondal (1995)

apporte aussi quelques éléments. L'auteur y étudie les capacités d'expression écrite de Françoise (Q.I. global de 64) sous diverses conditions. Il s'avère que Françoise peut composer et transcrire un message. L'analyse de ses productions spontanées révèle cependant certaines difficultés au niveau de la ponctuation et des aspects morpho-syntaxiques. En condition de dictée, les erreurs grammaticales (accord sujet-verbe non respecté) et les omissions ou additions de traits ou de lettres (*temp* à la place de *temps*, *solleil* à la place de *soleil*, *fêtes* à la place de *fêtes*...) sont fréquentes. Pour l'auteur, ces erreurs sont liées à des difficultés orthographiques et non à des perturbations du système allographique. En effet, celles-ci ne se retrouvent pas de façon systématique lors de dictée de phrases simples (« les jolies roses sont dans le vase »). Au niveau de l'exécution, les productions sont lisibles même si certaines lettres sont mal formées ou retouchées. Pour Rondal, les composants périphériques de l'écriture chez l'adulte trisomique sont préservés; l'analyse des productions n'ayant pas montré de dysfonctionnement au niveau des différents niveaux de traitement de l'écriture. Afin de compléter ces travaux, nous avons souhaité, au sein de notre équipe de recherche, analyser plus finement les mécanismes sous-jacents à la formation et l'exécution du geste impliqué dans l'écriture. Nous avons ainsi opté pour une mesure de la qualité des tracés associée à une analyse en temps réel des productions chez une population d'adultes porteurs de trisomie 21. L'évaluation de la lisibilité des tracés et de la rapidité des productions écrites a été réalisée au moyen d'échelles d'évaluation standardisées (Tsao, Fartouk & Barbier, 2011). L'échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant BHK (Charles et al., 2004) a été choisie en raison de sa rapidité de passation et de la pertinence des critères de mesure (aspects morphocinétiques et topocinétiques, vitesse d'écriture). Les données récoltées auprès d'une population d'adultes trisomiques et de sujets contrôles de même âge développemental (AD) indiquent des productions relativement similaires sur le plan de la qualité des lettres produites et de l'agencement spatial des tracés. Les lettres produites sont lisibles et correctement

formées. La rareté des substitutions de lettres confirme l'existence de capacités préservées au niveau de l'accès aux représentations allographiques, tout du moins dans notre échantillon d'étude. L'analyse du contrôle spatial de l'écriture rejoint ces résultats. La production écrite, au moins en ce qui concerne le contrôle de l'enchaînement des lettres ou des mots dans l'espace graphique, correspond à celle observée dans une population d'enfants tout-venants de même AD. Les comparaisons basées sur l'âge réel des participants indiquent toutefois des différences significatives entre les deux populations. L'écriture d'adultes porteurs de trisomie 21 est de moins bonne qualité que celles observées chez des adultes tout-venants. Elle est davantage marquée par la production de lettres cabossées, irrégulières et de grande taille. La gestion de l'espace graphique (ligne plane, marge à droite) est aussi plus difficile. Concernant la vitesse de copie, là encore on observe des performances comparables entre adultes avec trisomie et sujets de même AD ; par contre comparativement à une population d'adultes tout-venants, la rapidité d'exécution est plus réduite chez les adultes en situation de handicap. En définitive, l'analyse des données relatives aux aspects morphocinétiques et topocinétiques de l'écriture, réalisées à partir du BHK, ne signale pas de dysfonctionnement sur le plan de l'organisation spatiale et du contrôle du déroulement de la production écrite chez les adultes porteurs de trisomie 21. Ces données viennent ainsi conforter l'hypothèse de séquence et de structure similaire, préalablement observée dans des tâches de dessin (Barrett & Eames, 1996 ; Detable & Vinter, 2003, Tsao & Mellier, 2005). Afin d'aller plus loin dans la compréhension des conduites d'écriture, des analyses en temps réel par le biais de tablettes graphiques ont été réalisées dans le but d'appréhender les mécanismes de programmation motrice et de contrôle du geste sous-jacents (Tsao, Velay, Barbier & Gombert, 2012). L'analyse temporelle des tracés est concordante avec les résultats recueillis sur la qualité des productions à partir de l'échelle d'évaluation du BHK. En effet, les analyses temporelles, basées sur l'AD des participants, ne mettent pas en avant de différence significative inter-

groupes sur le nombre et la durée des segments et des pauses ainsi que sur la durée totale de production dans la production de lettres isolées et de mots familiers (papa). Ces données confirment la relative stabilité du geste graphique observée dans les cas de production de lettres, même dans le cas où plusieurs lettres doivent être alignées. Les comparaisons basées sur l'AR des participants témoignent de difficultés chez le groupe d'adultes porteurs de trisomie 21 où la copie de lettres et de mots familiers est marquée par une réelle lenteur comparativement aux adultes tout-venants. Ces données rejoignent les travaux de la littérature (Anson, 1992 ; Block, 1991 ; Latash, 1992 ; Henderson, 1986 ; Vicari, 2006) où les actions posturales et manuelles en cas de trisomie 21 sont décrites comme lentes et maladroites. Précisons que la production de simples lettres induit des différences entre les deux populations uniquement sur la durée de traçage des segments et sur la durée totale de production indiquant une lenteur ciblée sur l'exécution des tracés. Pour des stimuli plus complexes (« papa »), les différences inter-groupes s'observent sur l'ensemble des indices (y compris le nombre de pauses et de segments tracés) indiquant une lenteur ciblée sur l'exécution mais aussi sur la programmation du geste graphomoteur. L'augmentation du nombre de pause observée en situation de copie de lettres et de mots chez des adultes avec trisomie 21 indique que les lettres sont générées par la juxtaposition de petits segments qui, accolés les uns aux autres, forment les différents traits constitutifs de la lettre. Ce type de procédure plaide en faveur de la prévalence d'un contrôle en cours d'exécution, ou rétroactif, des mouvements chez les adultes porteurs de trisomie 21, mode de contrôle caractéristique chez l'enfant tout-venant en début d'apprentissage (Zesiger, 1995 ; Zesiger, Deonna & Mayor, 2000 ; Vinter & Zesiger, 2007). Cette organisation pas à pas observée dans les conduites graphiques est conforme aux recherches menées sur l'analyse des mouvements d'atteinte et de saisie suggérant ainsi une programmation du mouvement transversal à un

ensemble de tâches visuo-motrices (Nativ & Abbs, 1989 ; Mellier & Eloy, 1998 ; Kearney & Gentile, 2003).

En conclusion

Ces premiers résultats initiés au sein de notre équipe de recherche sont encourageants et invitent à poursuivre les travaux. D'autres études doivent encore être réalisées pour savoir dans quelle mesure les adultes porteurs de trisomie 21 parviennent à coordonner en temps réel les traitements grapho-moteurs et les traitements lexicaux impliqués dans la production de mots, voir les traitements syntaxiques avec des phrases simples. Par ailleurs, entreprendre des travaux sous une approche développementale et intersyndromique, basées sur la comparaison de divers syndromes (comme par exemple la trisomie 21, syndrome williams, trouble de la coordination motrice, autisme) aiderait à caractériser d'une part d'éventuelles spécificités de processus altérés entrant en jeu dans l'acquisition de l'écrit et d'autre part la persistance ou non de ces altérations au cours du développement. Face à l'augmentation du nombre d'élèves en situation de handicap scolarisés en milieu ordinaire et à l'usage des nouvelles technologies comme supports d'apprentissage, il semble crucial de développer des axes de recherche visant à étudier l'impact des supports numériques sur les mécanismes d'acquisition de l'écrit.

Développer de telles perspectives de recherche permettrait de comprendre la nature des processus cognitifs et moteurs impliquées dans le traitement de l'écrit dans le champ du handicap et favoriserait à terme l'acquisition de l'écriture chez ces populations. L'intégration scolaire d'enfants en situation de handicap, bien que renforcée par la loi de 2005, reste encore à promouvoir et à soutenir sur le terrain. Dans le même sens, le rapport de la Cour des Comptes, « La vie avec un handicap » (juin 2003), pointait l'insuffisance des recherches ciblées sur l'étude des moyens visant à aider et à améliorer le quotidien des personnes en situation de handicap. Développer des connaissances dans le domaine de l'acquisition de

l'écrit et notamment des supports de remédiation adaptés permettrait ainsi d'accompagner au mieux la scolarisation d'enfants porteurs de trisomie 21 ainsi que leurs insertions sociale et professionnelle.

Bibliographie

- Albaret, J.M., & Santamaria, M. (1996). Utilisation des digitaliseurs dans l'étude des caractéristiques motrices de l'écriture. *Evolutions psychomotrices*, 8 (33),113-117.
- Anson, J. G. (1992). Neuromotor control and Down syndrome. In J. J. Summers J.J. (Ed.), *Approaches to the Study of Motor Control and Learning* (pp. 387-413). New York, NY: Elsevier.
- Baldy, R. (2002). *Dessine-moi un bonhomme, dessins d'enfants et développement cognitif*. Paris: Press Editions.
- Barrett, M. D., & Eames, K. (1996). Sequential developments in children's human figure drawings. *British Journal of Developmental Psychology*, 14, 219-236.
- Bennett-Gates, D. & Zigler, E. (1998). Resolving the developmental-difference debate : An evaluation of the triarchic and systems theory models. In J.A. Burack, R.M. Hodapp & E. Zigler (Eds.), *Handbook of mental retardation and development* (pp. 115-131). Cambridge : Cambridge University Press.
- Berninger, V. W., Graham, S., Vaughan, K. B., Abbott, R. D., Abbott, S .P., Woodruff Rogan, L. W. (1997). Treatment of handwriting problems in beginning writers: Transfert from handwriting to composition. *Journal of educational research*, 89, 652-666.
- Bittles, A.H., Bower, C., Hussain, R., & Glasson, E.J. (2006). The four ages of Down syndrome. *European Journal Public Health*, 17(2), 221-225.

- Block, M.E. (1991). Motor development in children with Down syndrome: A review of the literature. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 8, 179–209.
- Carrier, M., & Ayoun, C. (2007). *Déficiences Intellectuelles et Intégration Sociale*. Liège: Mardaga.
- Carr, J. (1985). The Development of Intelligence. In D. Lane & B. Stratford (Eds.), *Current Approaches to Down's Syndrome* (pp. 167-186). London: Holt, Rinehart & Winston.
- Carr, J. (1995) *Down's Syndrome: Children Growing Up*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chapman, R. S. & Hesketh, L. J. (2000). Behavioral phenotype of individuals with Down syndrome. *Mental Retardation Developmental Disability Research Review*, 6(2), 84–95.
- Charles, M., Soppelsa, R., & Albaret, J. M. (2004). *BHK – Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris: Éditions et applications psychologiques.
- Charlton, J. L., Ihsen, E., & Oxley, J. (1996). Kinematic characteristics of reaching in children with Down syndrome. *Human Movement Science*, 15, 727–743.
- Clements, W., & Barrett, M. (1994) The drawings of children and young people with Down's syndrome: a case of delay or difference? *British Journal of Educational Psychology*, 64, 441–452.
- Corraze, J. (1999). *Les troubles psychomoteurs*. Marseille : Solal.
- Couzens, D., Cuskelly, M., & Jobling, A. (2004). The Stanford Binet Fourth Edition and its Use with individuals with Down syndrome: Cautions for clinicians. *International Journal of Disabilities Developmental and Education*, 51(1), 39–56.
- Cowie, V. (1970). *A Study in the Early Development of Mongols*. London, England: Pergamon.
- Cox, M. V., & Maynard, S. (1998). The human figure drawings of children with Down syndrome. *British Journal of Developmental Psychology*, 16, 133–137.

- Dalla Piazza, S., & Dan, B. (2001). *Handicaps et déficiences de l'enfant*. Brussels: De Boeck University.
- Davis, W. E., & Kelso J. A. S. (1982). Analysis of "invariant characteristics" in the motor control of Down syndrome and normal subjects. *Journal of Motor Behaviour*, *14*, 194-212.
- Detable, C., & Vinter, A. (2003). Les activités graphiques d'enfants et d'adolescents présentant un retard mental : étude du respect d'une règle syntaxique. *Revue européenne de psychologie appliquée*, *53*, 179-87.
- Dorfberger, S., Adi-Japha, E., & Karni, A. (2009). Sex differences in motor performance and motor learning in children and adolescents: An increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains. *Behavioural Brain Research*, *198*, 165-171.
- Dunst, C. J. (1998). Sensorimotor development and developmental disabilities. In J. A. Burack, R. M. Hodapp & E. Zigler (Eds.), *Handbook of mental retardation and development* (135-181). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dykens, E. M., Hodapp, R. M., & Finucane, B. (2005). *Genetics and mental retardation syndromes: a new look at behavior and interventions*. Baltimore, MD: Paul H. Brookes Publishing Company.
- Dykens, E. M., Rosner, A. L., & Tran, M. (2001). Drawings by Williams syndrome: are people different from shapes? *American Journal on mental retardation*, *106*(1), 94-107.
- Fayol, M., & Miret, A. (2005). Écrire, orthographier et rédiger des textes. *Psychologie Française*, *50*(3), 391-402.
- Fidler, D. J. (2005). The emerging Down syndrome behavioral phenotype in early childhood: Implications for practice. *Infants and Young Children*, *18*, 86-103.
- Fidler, D. J., Philofsky, A., & Hepburn, S. L. (2007). Language phenotypes and intervention planning: Bridging research and practice. *Language and communication Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, *13*(1), 47-57.

- Glasson E. J., Sullivan S. G., Hussain R., Petterson B. A., Montgomery P. D., & Bittles A. H. (2003). Comparative survival advantage of males with Down syndrome. *American Journal of Human Biology*, 15, 192–5.
- Goodnow, J. J., & Levine, R. A. (1973). “The grammar of action”: Sequence and syntax in children's copying. *Cognitive Psychology*, 4(1), 82-98.
- Graham, S., Berninger, V.W., & Weintraub, N. (1998). The relationships between handwriting style and speed and legibility. *Journal of educational research*, 5, 290–296.
- Graham, S., Berninger, V.W., Weintraub, N., & Schafer, W. (1998). Development of handwriting speed and legibility in Grades 1 through 9. *Journal of Educational Research*, 9, 42-252.
- Graham, S., Harris, K.R., & Fink, B. (2000). Is handwriting causally related to learning to write? Treatment of handwriting problems in beginning writers. *Journal of educational psychology*, 92, 620–633.
- Graham, S., Struck, M., Santoro, J., & Berninger, V.W. (2006). Dimensions of good and poor handwriting legibility in first and second graders: Motor programs, visual-spatial arrangement, and letter formation parameter setting. *Developmental neuropsychology*, 29, 43–60.
- Hamstra-Bletz, L., & Blote, A.W. (1993). A longitudinal study on dysgraphic handwriting in primary school. *Journal of Learning Disabilities*, 26, 689-699.
- Henderson S. E. (1986). Some aspects of the development of motor control in Down's syndrome. In H. T. A. Whiting & M. G. Wade (Eds.), *Themes in Motor Development* (pp. 69-92). Boston, MA: Martinus Nijhoff.
- Hodapp, R. M., Desjardin, J. L., & Ricci, L. A. (2003). Genetic syndromes of mental retardation. *Infants and Young Children*, 16, 152–160.

- Kandel, S., Alvarez, C., & Vallée, N. (2006a). Syllables as processing units in handwriting production. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 32(1), 18–31.
- Kandel, S., Soler, O., Valdois, S., & Gros, C. (2006b). Graphemes as motor units in the acquisition of writing skills. *Reading and writing: An interdisciplinary journal*, 19(3), 313–337.
- Kandel, S., & Valdois, S. (2005). The effect of orthographic regularity on children's handwriting production. *Current psychology letters: Brain, behaviour and cognition*, 17, 63.
- Karlsdottir, R., & Stefansson, T. (2002). Problems in developing functional handwriting. *Perceptual and motor skills*, 94, 623-662.
- Kearney, K. & Gentile, A. (2003) Prehension in young children with Down syndrome. *Acta Psychologica*, 112, 3-16.
- Kirk, U. (1981). The development and use of rules in the acquisitions of perceptual motor skills. *Child development*, 52, 299-305.
- Lambert, E., Kandel, S., Fayol, M., & Espéret, E. (2008). The effect of the number of syllables when writing poly-syllabic words. *Reading and writing: An interdisciplinary journal*, 21, 859–883.
- Lambert, J. L., & Rondal, A. J. (1979). *Le mongolisme*. Bruxelles: Pierre Mardaga
- Larsen, F. K., & Kirkevold, Ø. (2008) The aging population of persons with Down syndrome in Norway. *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, 5, 26-27.
- Latash, M. L. (1992). Motor control in Down syndrome: the role of adaptation and practice. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 4, 227-261.

- Laws, G. & Lawrence, L. (2001). Spatial representation in the drawings with Down's syndrome and its relationship to language and motor development: A preliminary investigation. *British Journal of Developmental Psychology*, 19(3), 453-473.
- Leonard, S., Bower, C., Petterson, B. & Leonard, H. (2000). Survival of infants with down's syndrome : 1980-1996. *Pediatric and perinatal epidemiology*, 14, 2, 163-171.
- Mellier, D., & Eloy, E. (1998). Formation de la saisie manuelle et de l'usage d'un outil chez le jeune enfant trisomique. In F. P. Buchel, J. L. Paour, Y. Courbois & U. Scharnhorst (Eds), *Attention, mémoire, apprentissage : Etudes sur le retard mental* (pp. 53-61). Edition SZH/SPC.
- Meulenbroek, R. G. J., & Van Galen, G. P. (1989). The production of connecting strokes in cursive writing: Developing co-articulation in 8 to 12 year-old children. In R. Plamondon, C. Y. Suen, & M. L. Simner (Eds.), *Computer recognition and human production of handwriting* (pp. 273-286). World Scientific Publication Co.
- Meulenbroek, R. G., Vinter, A., & Mounoud, P. (1993). Development of the start-rotation principle in circle production. *British journal of developmental psychology*, 11, 307-320.
- Nadel, L. (1999). Down syndrome in cognitive neuroscience perspective. In H. Tager-Flusberg (Ed.), *Neuro-developmental disorders* (pp. 197-221). Cambridge, MA: MIT Press.
- Nativ, J., & Abbs, H. (1989). Goal-directed arm movement in Down syndrome. In M.L. Latash (Ed.), *Motor control in Down syndrome* (pp. 36-42). Chicago : Rush Medical Center.
- Noack, N. (1997). Eléments de réflexion sur le développement et les caractéristiques psychomotrices du sujet porteur d'une trisomie 21. *Evolutions Psychomotrices*, 9, 59-81.
- Oken-Wright, P. (1998). Transition to writing: Drawing as a scaffold to emergent writers. *Young Children*, March, 76-81.

- Olive, T., & Kellogg, R. T. (2002). Concurrent activation of high- and low-level production processes in written composition. *Memory and cognition*, 30, 594–600.
- Paillard, J. (1990). Les bases nerveuses du contrôle visuo-manuel de l'écriture. In C. Sirat, J. Irigoien, E. Poulle (Eds.), *L'écriture, le cerveau, l'œil et la main* (pp. 23-52). Paris : Brepols.
- Rasore-Quartino, A. (1999). The present state of medical knowledge in Down syndrome. In: J. Rondal, J. Perrera & L. Nadel (Eds.), *Down Syndrome: Living and Learning in the Community*. London: Whurr.
- Record, R. G., & Smith, A. (1955). Incidence, mortality and sex distribution of mongoloid defectives. *British Journal of Preventive and Social Medicine*, 9, 10-15.
- Rigoldi, C., Galli, M., & Albertini, M. (2011). Gait development during lifespan in subjects with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 32(1), 158-163.
- Rondal, J. A. (1995). Written language assessment. In J.A. Rondal (Ed.), *Exceptional language development in Down syndrome. Implications for the cognition-language relationship* (pp.176-180). New York : Cambridge University Press.
- Rosenblum, S., Weiss, P. L., & Parush, S. (2003). Product and process evaluation of handwriting difficulties. *Educational Psychology Review*, 15, 41–81.
- Rubin, N., & Henderson, S. E. (1982). Two sides of the same coin: variations in teaching methods and failure to learn to write. *Special Education: Forward Trends*, 9, 17-24.
- Sassoon, R., Nimmo-Smith, I., Wing, A. (1986). An analysis of children's penholds. In: Graphonomics: Contemporary research in handwriting (pp 93-106). In H.S.R. Kao, G.P. Van Galen, & R. Hoosain, (Eds), Amsterdam : North-Holland.
- Sherman, S. L., Allen, E. G., Bean, L. H., & Freeman, S. B. (2007). Epidemiology of Down syndrome. *Mental Retard Developmental Disabilities Research Review*, 13, 221–227.

- Sloper, P., Cunningham, C., Turner, S., & Knussen, C. (1990). Factors related to the academic attainment of children with Down syndrome. *British Journal of Educational Psychology*, *60*, 284-298
- Smits-Engelsman, B. C., Niemeijer, A. S., & van Galen, G. P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human movement science*, *20*, 161–182.
- Smits-Engelsman, B. C., van Galen, G. P., & Portier, S. J. (1994). Psychomotor aspects of poor handwriting in children. In M.L. Simner, W. Hulstijn & P.L. Girouard (Eds), *Contemporary Issues in Forensic, Developmental, and Neurological Aspects of Handwriting*. Toronto: Association of Forensic Document Examiners.
- Starbuck, J. M. (2011). On the antiquity of trisomy 21: Moving towards a quantitative diagnosis of Down Syndrome in historic material culture. *Journal of Contemporary Anthropology*, *2(1)*, 19-44.
- Torr, J., Strydom, A., Patti, P. & Jokinen, N. (2010): Aging in Down Syndrome: Morbidity and Mortality. *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, *7(1)*, 70-81.
- Trenholm, B., & Mirenda, P. (2006). Home and community literacy experiences of individuals with Down syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, *10*, 30–40.
- Tsao, R., Fartoukh, M., Barbier, M. L. (2011). Handwriting in adults with Down syndrome. *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, *36*, *1*, 20-26.
- Tsao, R., & Kindelberger, C. (2009). Variability of cognitive development in children with Down syndrome: relevance of good reasons for using the cluster procedure. *Research in Developmental Disabilities*, *30*, 426–432.
- Tsao, R., & Mellier, D. (2005). Planification et contrôle du geste graphique chez l'enfant avec trisomie 21. *Enfance*, *1*, 73-82.

- Tsao, R., Velay, J. L., Barbier, M. L., & Gombert, A. (2012). Etude de l'écriture chez des adultes porteurs de trisomie 21. *Revue francophone de la déficience intellectuelle*, 23, 22-33.
- Turner, S., & Alborz, A. (2003). Academic attainments of children with Down's syndrome: A longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 73, 563-583
- Vaginay D. (1995). L'appropriation de la lecture-écriture chez le trisomique apprenant. In Fait 21 (Ed.) *Les actes des journées nationales et européennes sur la trisomie 21 : Trisomie 21 et Intégration*. Maubeuge.
- Van Doorn, R. R. A., & Keuss, P. J. G. (1992). The role of vision in the temporal and spatial control of handwriting, *Acta Psychologica*, 81, 269-286.
- Van Doorn, R. R. A., & Keuss, P. J. G. (1993). Does the production of letter strokes in handwriting benefit from vision? *Acta Psychologica*, 85, 275-290.
- Van Galen, G. P. (1991). Handwriting : Issues for a psychomotor theory. *Human movement science*, 10, 165-191.
- Van Galen, G. P., Portier, S. J., Smits-Engelmanns, B. C. M., & Schomaker, L.R.B. (1993). Neuromotor noise and poor handwriting in children. *Acta Psychologica*, 82, 161-178.
- Van Sommers, P. (1984). *Drawing and cognition: Descriptive and experimental studies of graphic production processes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Sommers, P. (1989). A system of drawing and drawing related neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 6, 117-64.
- Vicari, S. (2001). Implicit versus explicit memory function in children with Down and Williams syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, 7(1), 35-40.
- Vicari, S. (2006). Motor development and neuropsychological patterns in persons with Down syndrome. *Behavior Genetics*, 36, 355-364.

- Vicari, S., Verucci, L., & Carlesimo, G.A. (2007). Implicit memory is independent from IQ and age but not from etiology : evidence from Down and Williams syndromes. *Journal of intellectual disability research*, 51(2), 932-941.
- Vinter, A., & Zesiger, P. (2007). L'écriture chez l'enfant: Apprentissage, troubles et évaluation. In S. Ionescu & A. Blanchet (Eds.), *Nouveau cours de psychologie. Psychologie du développement et de l'éducation* (pp. 327–351). Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Viviani, P. (1994). Les habiletés motrices. In M. Richelle, J. Requin, & M. Robert (Eds.), *Traité de psychologie expérimentale* (pp. 777–844). Paris: PUF.
- Vlachos, F., & Bonoti, F. (2006). Explaining age and sex differences in children's handwriting: A neurobiological approach, *European Journal of Developmental Psychology*, 3(2). 113-123.
- Wann, J. P., & Jones, J. G. (1986). Space-time invariance in handwriting: Contrasts between primary school children displaying advanced or retarded handwriting acquisition. *Human Movement Science*, 5, 275-296.
- Wishart J. G. (1996) Avoidant learning styles and cognitive development in young children. In B. Stratford & P. Gunn (Eds.), *New Approaches to Down Syndrome* (pp. 173–205). London: Cassell.
- Zesiger, P. (1995). *Ecrire : approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. Paris: PUF.
- Ziviani, J. (1984). Some elaborations on handwriting speed in 7- to 14-year-olds. *Perceptual and motor skills*, 58, 535-539.
- Zesiger, P. (2003). Acquisition des troubles de l'écriture. *Enfance*, 1, 56-64.
- Zesiger, P., Deonna, T., & Mayor, C. (2000). L'acquisition de l'écriture. *Enfance*, 53, 295-304.

Ziviani, J., & Elkins, J. (1984). An Evaluation of Handwriting Performance. *Educational Review*, 36(3), 249-261.