

Université de Bourgogne
Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement
C.N.R.S. - U.M.R. - 5022

Ecole doctorale Environnement, Santé, STIC (E2S)

De la perception haptique à la production de dessins chez l'enfant voyant et déficient visuel

Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne
- Mention Psychologie -

Présentée par Marie Viviane FERNANDES
Sous la direction du Professeur Annie VINTER
- 9 février 2009 -

Membres du jury :

Docteur Edouard GENTAZ, CR CNRS (Université de Grenoble)

Professeur Delphine PICARD (Université de Toulouse II)

Professeur Jacques VAUCLAIR (Université de Provence)

Professeur Annie VINTER (Université de Bourgogne)

Remerciements

A Annie Vinter pour son encadrement pendant ces années de thèse. Je la remercie pour sa patience, sa disponibilité et ses relectures attentives.

A Edouard Gentaz, Delphine Picard et Jacques Vauclair pour m'avoir fait l'honneur d'être membres de mon jury et d'évaluer ce travail.

Aux membres du Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement pour leur accueil.

A Phillipe Claudet, directeur des 'Doigts qui Rêvent', pour sa précieuse collaboration.

Aux directeurs et enseignants des écoles de Côte d'Or et du Creusot qui m'ont accueillie pour mes travaux, et plus particulièrement à Dominique Juillard et Marie Laure Rigault.

A Mme Janin et Mr Dolange pour leur accueil au Centre Régional d'Enseignement et d'Education Spécialisés pour Déficients Visuels (CRESDEV) à Besançon. Je remercie Mme Vernier pour sa disponibilité, nos conversations et ses talents d'organisatrice, ainsi que les professeurs pour leur collaboration.

A Mr Corradi et Mme Hebrard pour leur accueil dans l'Etablissement Régional d'Enseignement Adapté aux Déficients Visuels (EREA DV) à Villeurbanne et aux professeurs pour leur collaboration.

A Mme Audebert pour son accueil au Centre de Rééducation pour Déficients Visuels à Clermont Ferrand.

A tous les enfants pour leur participation active, leur sérieux et leur bonne humeur.

A toutes les personnes qui ont participé à la collecte de dessin :

- ABPAM (Ouagadougou, Burkina Faso)

M. Takirou Ouedraogo, Mme Justine Kaboré, Mme Rosalie Sawadogo, M. Siakha traoré

- Arc-en-ciel (Marseille, France)
Mme Dijoux, Mme Régine Champton
- Centre d'Appui pour Handicapés de la Vue (Genève, Suisse)
Mme F. Daffon-Deslandres, Mme Brigitte Simian, Mme C. Kamerzin
- Centre Pédagogique pour Handicapés de la vue (Lausanne, Suisse)
Mme B. Mathis, Mme Dominique Vallat, Mme Anne-Lise Schwab
- Ecole Jacques Ouellette (Longueil, Quebec)
Mme Louise Comtois, Mme Rachel Leclair
- Institut Nazareth et Louis Braille (Longueil, Québec)
Mme Joanne Thibodeau
- Fondation Hollman (Cannero & Padova, Italie)
Mme Josée Lanners, M. Alessandro Fanan
- Institut d'Education Sensoriels (Denfert-Rochereau, Paris, France)
Mme Magalie Jousset
- Institut pour Déficients Sensoriels (Le phare d'Illach, France)
Mme Panetta
- Institut Médico Educatif (Loos, France)
Mme Danièle Schloesing
- Ecole Régional pour Déficients Visuels. "Epi de Soil" (Loos, France)
Mme Marie-Claire Pichon
- Institut Régional de Rééducation sensorielle et Motrice (Reims, France)
Mme Marylène Ballavoisine
- Kulturos artelé (Vilnius, Lituanie)
Mme Audrone Gendviliene, Mme Diana Raudonienė
- Murna Raya (Niamey, Niger)
Mme Marie Tantiga, M. Dayabou Ibrahim Hassan
- Œuvre National des Aveugles (Bruxelles, Belgique)
Mme Monique Clette, Mme Evelyne Belly

- Service d'Aide Précoce Triangle de Wallonie (La Hulpe, Belgique)
Mme Stéphanie Biston
- Service spécialisé pour jeunes déficients visuels (SJDV 56) (Auray, France)
Mme Laure Constantin

Aux étudiants qui ont participé à la réalisation de ce travail et particulièrement à Marie Labaune.

A mes parents et à Cédric pour leur présence, leur soutien et leurs encouragements.

A David pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée tout au long de ce travail.

A Arnaud pour sa patience et son soutien.

A Eve pour son amitié, son écoute et son soutien.

A Julien pour ses encouragements.

TABLES DES MATIERES

PREAMBULE	5
INTRODUCTION GENERALE	7
1. L'exploration perceptive haptique chez l'adulte et l'enfant	7
1.1. Stratégies exploratoires mises en évidence	7
1.2. Exploration manuelle chez les enfants voyants et déficients visuels	11
1.3. Exploration manuelle chez les adultes voyants et déficients visuels	12
2. Traitement des propriétés des objets en modalité haptique	14
2.1. Traitement haptique de la dimension matérielle de l'objet	15
2.2. Traitement haptique de la dimension géométrique de l'objet	16
2.3. Relations entre les propriétés	19
3. Identification haptique d'un objet	20
3.1. Identification d'objets en 3D : objets géométriques et usuels	20
3.2. Discrimination et identification de formes bidimensionnelles	21
3.3. Théories permettant d'expliquer l'identification des images en 2D	26
4. Les représentations mentales	28
4.1. Utilisation de l'imagerie mentale dans des tâches de mémorisation	28
4.2. Le dessin chez l'enfant voyant et l'enfant aveugle	30
5. Présentation de notre problématique de travail	37
5.1. Etude des représentations graphiques à partir d'une exploration haptique ou visuelle de forme inconnues	37
5.2. Etude des représentations graphiques et des descriptions verbales d'objets familiers par l'enfant déficient visuel	39
CHAPITRE 1 : ETUDE DES EXPLORATIONS HAPTQUES	43
INTRODUCTION	43
1. Exploration manuelle chez les enfants voyants	43
2. Exploration manuelle chez les enfants déficients visuels	45
3. Présentation de la problématique	48
<u>PARTIE EXPERIMENTALE</u>	
I. Comparaison des explorations manuelles chez des enfants voyants dans une condition de dessin différé (Expérience 1) et dans une condition de dessin avec modèle disponible (Expérience 2)	50
METHODE	50
RESULTATS	55
1. Analyse de la qualité de l'exploration	56
2. Analyses des différentes stratégies exploratoires utilisées	59
3. Organisation de l'activité dans la condition avec modèle	61
II. Analyse de l'activité manuelle chez des enfants aveugles et malvoyants âgés de 6-9 ans et de 10-13 ans dans une condition de dessin différé (Expérience 3)	63
METHODE	63
RESULTATS	65
1. Analyse de la qualité de l'exploration	65
2. Analyse des différentes stratégies exploratoires utilisées	68

III. Comparaison des explorations manuelles d'enfants voyants, malvoyants et aveugles dans une condition de dessin différé **70**

METHODE 70

RESULTATS 71

1. Analyse de la qualité de l'exploration 71

2. Analyse des différentes stratégies exploratoires utilisées 74

DISCUSSION **75**

1. Exploration manuelle chez les enfants voyants en fonction de l'âge et de la condition de dessin 75

2. Evolution avec l'âge de l'exploration manuelle chez les enfants déficients visuels 78

CHAPITRE 2 : DEVELOPPEMENT DES ASPECTS SYNTAXIQUES DU DESSIN **80**

INTRODUCTION **80**

1. Développement de l'organisation syntaxique chez les voyants 80

2. Développement des aspects syntaxiques chez les enfants déficients visuels 83

3. Présentation de la problématique 84

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Evolution des règles syntaxiques en fonction de la modalité d'exploration (haptique ou visuelle) chez des enfants voyants dans une condition de dessin différé (Expérience 1) et dans une condition de dessin avec modèle disponible (Expérience 2) **85**

METHODE 85

RESULTATS 88

II. Evolution des règles syntaxiques chez des enfants malvoyants et aveugles dans une condition de dessin différé (Expérience 3) **92**

METHODE 92

RESULTATS 93

III. Application des règles syntaxiques chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants travaillant avec ou sans vision dans une condition de dessin différé **96**

METHODE 96

RESULTATS 97

DISCUSSION **99**

1. Développement de l'application des règles de points de départ en fonction du statut visuel et de la condition de dessin. 99

2. Développement de l'organisation de la séquence graphique en fonction du statut visuel et de la condition de dessin 100

CHAPITRE 3 : ETUDE DES REPRESENTATIONS GRAPHIQUES : UNE APPROCHE PAR LE "CONTENU" **103**

INTRODUCTION **103**

I. Représentations graphiques issues d'une exploration haptique ou visuelle de formes bidimensionnelles chez des enfants voyants dans une condition de dessin différé (Expérience 1) et dans une condition de dessin avec modèle disponible (Expérience 2) 105

METHODE 108

RESULTATS 112

1. Analyses des productions graphiques 112
2. Mise en relation des performances de dessin avec l'exploration tactile. 126

II. Représentations graphiques de formes bidimensionnelles chez des enfants aveugles et malvoyants dans une condition de dessin différé (Expérience 3) 133

METHODE 134

RESULTATS 136

1. Analyses des productions graphiques 136
2. Mise en relation des performances de dessin avec l'exploration tactile. 146

III. Comparaison des représentations graphiques réalisés dans une condition de dessin différé par des enfants aveugles, malvoyants et voyants travaillant avec ou sans vision 152

METHODE 152

RESULTATS 153

1. Variables attestant de la réussite à la tâche 153
2. Variables attestant de l'échec à la tâche 155

DISCUSSION 157

1. Evolution avec l'âge du dessin chez les enfants voyants en fonction de la modalité d'exploration et de la condition de dessin. 157
2. Evolution avec l'âge du dessin chez les enfants aveugles et malvoyants 163
3. Effet du statut visuel sur les performances de dessin. 165

CHAPITRE 4 : DEVELOPPEMENT DES PRODUCTIONS GRAPHIQUES ET DES REPRESENTATIONS MENTALES D'OBJETS FAMILIERS CHEZ DES ENFANTS DEFICIENTS VISUELS ET VOYANTS DE 6 A 14 ANS 167
--

INTRODUCTION 167

1. Langage et représentations mentales chez les enfants déficients visuels 168
2. Le dessin chez les personnes déficientes visuelles 170
3. Présentation de l'expérience 171

METHODE 174

RESULTATS 185

1. Analyse des descriptions verbales 185
2. Analyse des dessins d'objets familiers 196
3. Analyse de la syntaxe 243

DISCUSSION 247

1. Développement des descriptions verbales en fonction de l'âge et du type d'objets chez les enfants voyants, malvoyants et aveugles 247
2. Développement du dessin avec l'âge en fonction du statut visuel et des différents types d'objets 251
3. Evolution avec l'âge de l'application des règles syntaxiques en fonction du statut visuel 255

DISCUSSION GENERALE	258
1. Traitement haptique en fonction du statut visuel des enfants	258
1.1. Lien entre traitement des images tactiles et exploration haptique	258
1.2. Capacités de traitement haptique de la dimension géométrique de l'objet	260
2. Développement du dessin en fonction du statut visuel des enfants	261
2.1. Développement des aspects syntaxiques du dessin	261
2.2. Développement du dessin symbolique	263
3. Nature des représentations élaborées par les enfants aveugles	266
4. Les représentations des différents objets familiers élaborées par les enfants déficients visuels correspondent-elles à celles des enfants voyants ?	267
5. Suggestions pour la réalisation d'images tactiles et de futures recherches	269
BIBLIOGRAPHIE	273
ANNEXES	288

PREAMBULE

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec une maison française d'édition de livres tactiles illustrés pour les aveugles, « Les Doigts qui Rêvent¹ ». La création d'illustrations tactiles est plus complexe qu'elle n'y paraît. Elle doit correspondre aux possibilités de la modalité tactile. L'une des spécificités du toucher concerne son mode d'exploration de l'environnement. En effet, le toucher appréhende le réel différemment de la vision. La vision permet de créer une représentation de l'environnement de manière quasi instantanée. A l'inverse, l'élaboration d'une représentation par le toucher est plus lente et demande un effort cognitif car elle nécessite un travail de synthèse en fin d'exploration. De ce fait, on peut se demander si les représentations élaborées à partir de ces modalités perceptives sont les mêmes ou non. Cette question est cruciale lors de la conception d'images tactiles. L'un des objectifs de cette thèse sera d'apporter des éléments de réponse à cette question, dans le but d'aider les concepteurs de livres tactiles à créer des illustrations qui soient adaptées à la compréhension des enfants déficients visuels. Dans notre travail, nous étudierons les représentations issues d'une perception tactile, en nous intéressant essentiellement aux dessins réalisés par des enfants voyants travaillant sans voir, par des enfants malvoyants et aveugles, et en les comparant à ceux réalisés par des enfants voyants (travaillant avec la vision). Les dessins de l'enfant reflètent ses impressions, pensées et représentations du monde qui l'entoure. Deux axes ont été étudiés : le premier concerne les représentations d'images tactiles de formes non familières et le second s'intéresse aux représentations d'objets familiers. L'autre objectif de cette thèse, plus fondamental, sera de compléter la littérature existante concernant la perception tactile d'une part et d'autre part, le développement du dessin en fonction du statut visuel de l'enfant.

¹ Une subvention par l'ANR a été obtenue pour ce programme de recherche, dans le cadre de l'appel d'offre « Apprentissages, Connaissances et Société » (projet : Images tactiles, coordonnateur : Annie Vinter, 2006-2009).

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Pour qu'un objet soit reconnu ou identifié par le toucher, deux étapes préalables sont nécessaires : celle de l'extraction des propriétés caractérisant l'objet et celle du traitement de ces propriétés. La première partie de cette introduction s'intéresse à la première étape, c'est-à-dire à l'extraction des propriétés à travers l'étude de l'exploration haptique, tandis que la seconde partie concernera le traitement de ces propriétés. Après avoir examiné les spécificités des traitements en haptique, nous nous centrerons sur l'identification d'objets tridimensionnels et bidimensionnels. L'identification est rendue possible par la présence d'une représentation intériorisée d'un objet antérieurement perçu ou construit par le sujet. Nous terminerons donc cette introduction par l'étude des représentations mentales chez les voyants et les aveugles, avant d'aborder la présentation de notre problématique de travail.

1. L'exploration perceptive haptique chez l'adulte et l'enfant

Dans un premier temps, nous présenterons les différentes stratégies exploratoires mises en évidence par les chercheurs (Davidson, 1972 ; Lederman & Klatzky, 1987, 1993), ainsi que la procédure de sélection des stratégies exploratoires. La perception haptique charge lourdement l'attention et la mémoire de travail car il faut conserver les données apportées successivement par la main puis elle nécessite, en fin d'exploration, un travail mental d'intégration et de synthèse pour aboutir à une représentation unifiée de l'objet (Hochberg, 1986 ; Loomis, Klatzky & Lederman, 1991 ; Revesz, 1950). De ce fait, un développement des capacités cognitives est nécessaire pour une amélioration de l'exploration manuelle. Dans un second temps, nous nous intéresserons à l'exploration manuelle chez les enfants voyants et déficients visuels. Enfin, l'exploration manuelle chez les adultes sera examinée et plus spécifiquement les performances en fonction du statut visuel du sujet.

1.1. Stratégies exploratoires mises en évidence

L'exploration tactile d'un objet peut s'effectuer de manière passive ou dynamique. Lorsque l'exploration est passive, la zone du champ perceptif est assez réduite puisqu'elle correspond à la zone de contact avec l'objet. Ce toucher passif permet certaines discriminations mais celles-ci sont en général assez pauvres et partielles. Pour compenser l'exiguïté du champ perceptif tactile, des mouvements doivent être effectués. Des perceptions kinesthésiques, issues de ces mouvements exploratoires, s'associent alors aux perceptions cutanées pour former un ensemble appelé perception tactilo-kinesthésique ou haptique.

Différentes stratégies d'exploration ont été mises en évidence chez les adultes par les chercheurs. Davidson (1972) a défini plusieurs stratégies exploratoires utilisées pour l'estimation de la courbure (Figure 1) : l'agrippement (enrouler trois ou quatre doigts sur la partie externe de l'objet), le pincement (coincer la partie verticale de l'objet entre deux doigts), le balayage (déplacement du doigt de gauche à droite et inversement), le traçage (bouger le doigt sur la face interne du stimulus), et l'empan (les doigts sont maintenus écartés pour estimer la longueur). Davidson (1972) montre que seul l'agrippement permet une perception globale de la forme et constitue la stratégie la plus efficace pour obtenir un jugement de la courbure, contrairement au pincement et au balayage qui demandent un déplacement de la main, entraînant des stimulations ponctuelles et séquentielles.

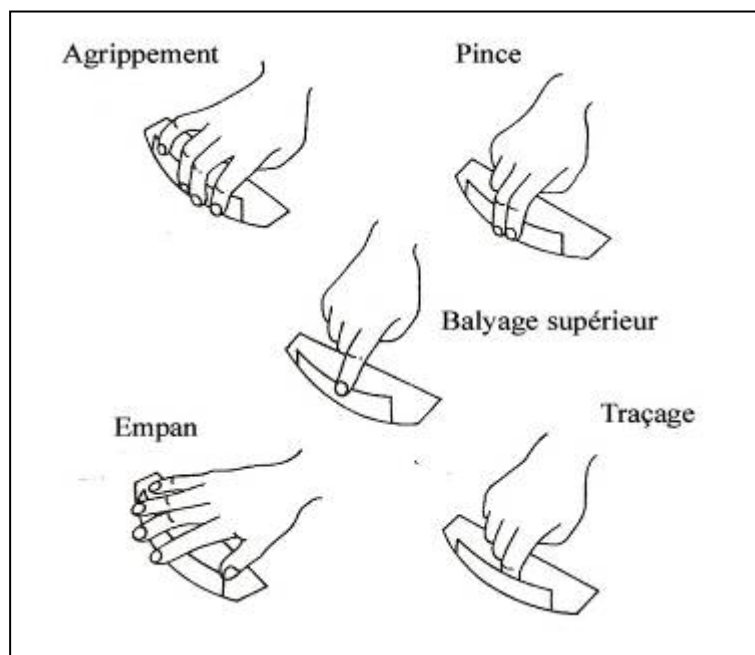


Figure 1 : Différents modes d'exploration observés par Davidson.

Dans le cadre de la manipulation d'objets en trois dimensions, Lederman et Klatzky (1987, 1993) ont identifié plusieurs grandes procédures d'exploration (PE), c'est-à-dire des ensembles spécifiques de mouvements qui se caractérisent par la quantité d'information qu'ils peuvent apporter et donc par l'éventail des propriétés auxquelles ils sont adaptés. Ces PE sont basées sur des caractéristiques invariantes qui peuvent être regroupées en quatre catégories. La première catégorie concerne l'état du mouvement lors de l'exploration (statique ou dynamique), la seconde fait référence à la direction de la force appliquée par le sujet sur la surface de l'objet (normale, c'est-à-dire correspondant à la force gravitationnelle -la pression- ou tangentielle, c'est-à-dire parallèle au plan horizontal -mouvement de gauche à droite et inversement-). La troisième catégorie correspond à la zone de l'objet qui entre en contact avec le sujet (bords, contours de l'objet ou surface de l'objet). Enfin, la contrainte de l'espace de travail (contrainte de positionnement de l'objet ou du sujet lors de l'exploration) constitue la dernière catégorie. Le tableau 1 présente la description des caractéristiques invariantes des PE.

Tableau 1 : Description des caractéristiques invariantes des différentes procédures exploratoires d'après Klatzky et Lederman (1993).

	Etat du mouvement	Direction de la force	Zone explorée	Contrainte d'action
Contact statique	statique	normale	surface	non
Pression	dynamique	normale	surface	non
Frottement latéral	dynamique	tangentielle	surface	non
Enveloppement	statique	normale	surface et contours	non
Suivi de contour	dynamique	tangentielle	contours	non
Soulèvement	statique	normale	surface et contours	oui

Parmi les PE mises en évidence par Lederman et Klatzky (1987, 1993), nous pouvons distinguer le contact statique (la main reste passivement en contact de l'objet), la pression (application d'une force sur une partie de l'objet), le frottement latéral (les doigts frottent rapidement, par un va-et-vient, une partie homogène de la surface interne de l'objet, sans aller sur les bords), le soulèvement (l'objet est entièrement pris dans la main et soulevé à l'aide du bras), le suivi de contour (les doigts se déplacent sur les contours de l'objet) et l'enveloppement (la main entoure simultanément l'ensemble des parties de l'objet). Reed, Lederman et Klatzky (1990) ont différencié deux types d'enveloppement : l'enveloppement global qui consiste à recouvrir la surface de l'objet avec la paume de la main, les doigts étant positionnés sur les bords de l'objets et l'enveloppement partiel où les doigts sont enroulés autour des bords de l'objet. Les différentes PE sont illustrées dans la Figure 2.

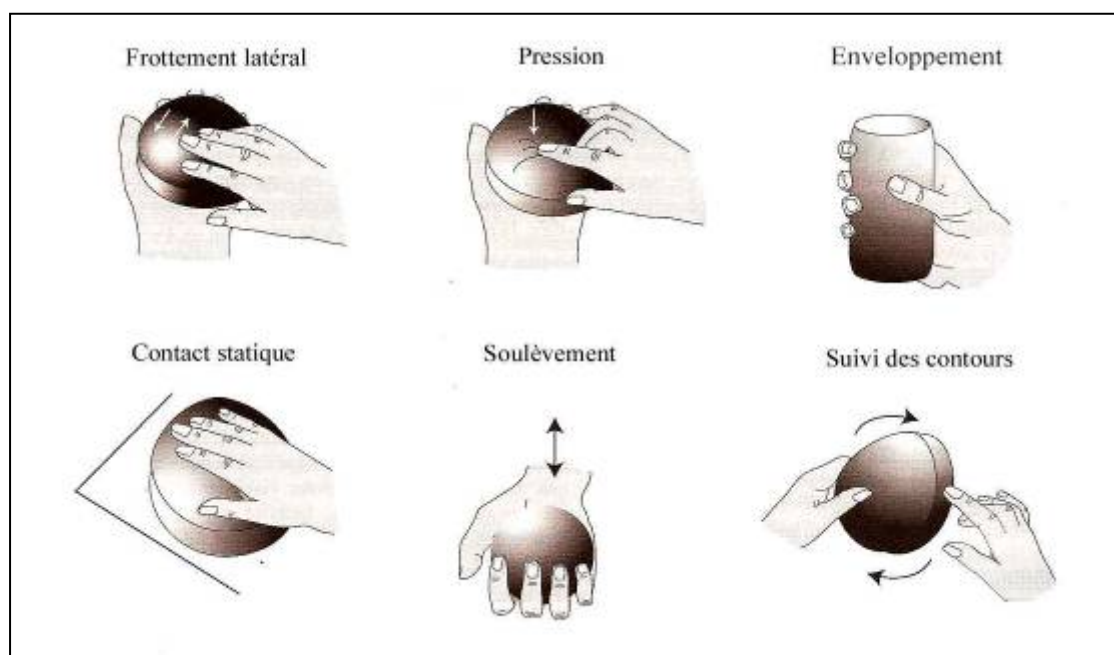


Figure 2 : Principales procédures exploratoires observées par Lederman et Klatzky (1987).

Ces PE sont plus ou moins performantes en fonction de la nature des informations à extraire (Lederman & Klatzky, 1987, 1990). Une PE est jugée suffisante lorsque les informations obtenues sur une dimension permettent une reconnaissance supérieure au hasard. La procédure rassemblant le plus d'informations sur une propriété est qualifiée d'optimale. Certaines PE sont plus spécialisées que d'autres. Ainsi, le frottement latéral d'une surface est optimal pour l'analyse de la texture et la pression l'est pour la dureté du matériel. Ces deux stratégies sont suffisantes pour seulement deux propriétés (dureté et température pour le frottement latéral / texture et température pour la pression). Le contact statique est optimal pour la température et suffisant pour la texture, le volume et la forme globale, tandis que le soulèvement est optimal pour le traitement du poids et suffisant pour extraire la température, la dureté, le volume et la forme globale. Le suivi de contour et l'enveloppement sont des stratégies plus générales puisqu'elles sont suffisantes pour traiter un grand nombre de propriétés (texture, dureté, température, poids, forme globale pour l'enveloppement et texture, dureté, température, poids, volume, forme globale pour le suivi de contour). La forme exacte est traitée de manière optimale par le suivi de contour, contrairement à la procédure exploratoire d'enveloppement qui n'est pas considérée comme suffisante pour cette propriété. En revanche, elle sera optimale pour extraire le volume de l'objet et sa forme globale.

Sélection des procédures exploratoires

Lors de l'exploration, certaines PE sont incompatibles avec d'autres d'un point de vue moteur. Par exemple, on ne peut pas effectuer en même temps un frottement latéral et un suivi de contour. Dans ce cas, les mouvements réalisés pour explorer un objet devront être effectués successivement, ce qui accentuent la lenteur et le caractère séquentiel du toucher. Néanmoins, certaines PE peuvent être effectuées simultanément, telles que le frottement latéral et la pression permettant ainsi le traitement à la fois de la texture et de la dureté, et participant à une identification de l'objet plus rapide (Klatzky, Lederman & Reed, 1989). Le processus de sélection des PE, présenté dans la Figure 3, a été décrit tout d'abord par Lederman et Klatzky (1993), puis revu par Russier (2000).

Selon Russier (2000), la première étape de sélection et exécution des PE est contrainte par le contexte. Deux situations d'exploration sont possibles (Klatzky et al., 1989) : soit le sujet veut obtenir une information unique, soit il veut en extraire plusieurs. Dans le premier cas, il peut utiliser la PE optimale au traitement de la propriété. Dans le second cas, il peut soit utiliser une PE avec une grande étendue d'action (comme le suivi de contour ou l'enveloppement par exemple), soit utiliser successivement plusieurs PE optimales. Dans cette dernière situation, l'exploration sera plus séquentielle et elle sera d'autant plus longue que les PE utilisées sont incompatibles sur le plan moteur. Par la suite, le traitement des propriétés extraites va permettre la construction d'une représentation de l'objet. En fonction des renseignements issus de l'exploration, le sujet peut modifier

le type de processus sélectionné et alterner une recherche spécifique et générale pour construire la représentation de l'objet. Il a également la possibilité de vérifier les informations stockées en mémoire avec le stimulus réel par la mise en place de nouvelles explorations, ce qui est confirmé dans l'étude de Richard, Vaz-Cerniglia et Portalier (2004). Dans cette expérience, les sujets ayant bénéficié d'un entraînement haptique ont eu recours dans un premier temps à différents procédés pour extraire des informations pertinentes puis, dans un second temps, ils ont utilisé l'enveloppement pour vérifier l'adéquation de leur décision avec la représentation globale qu'ils avaient construite.

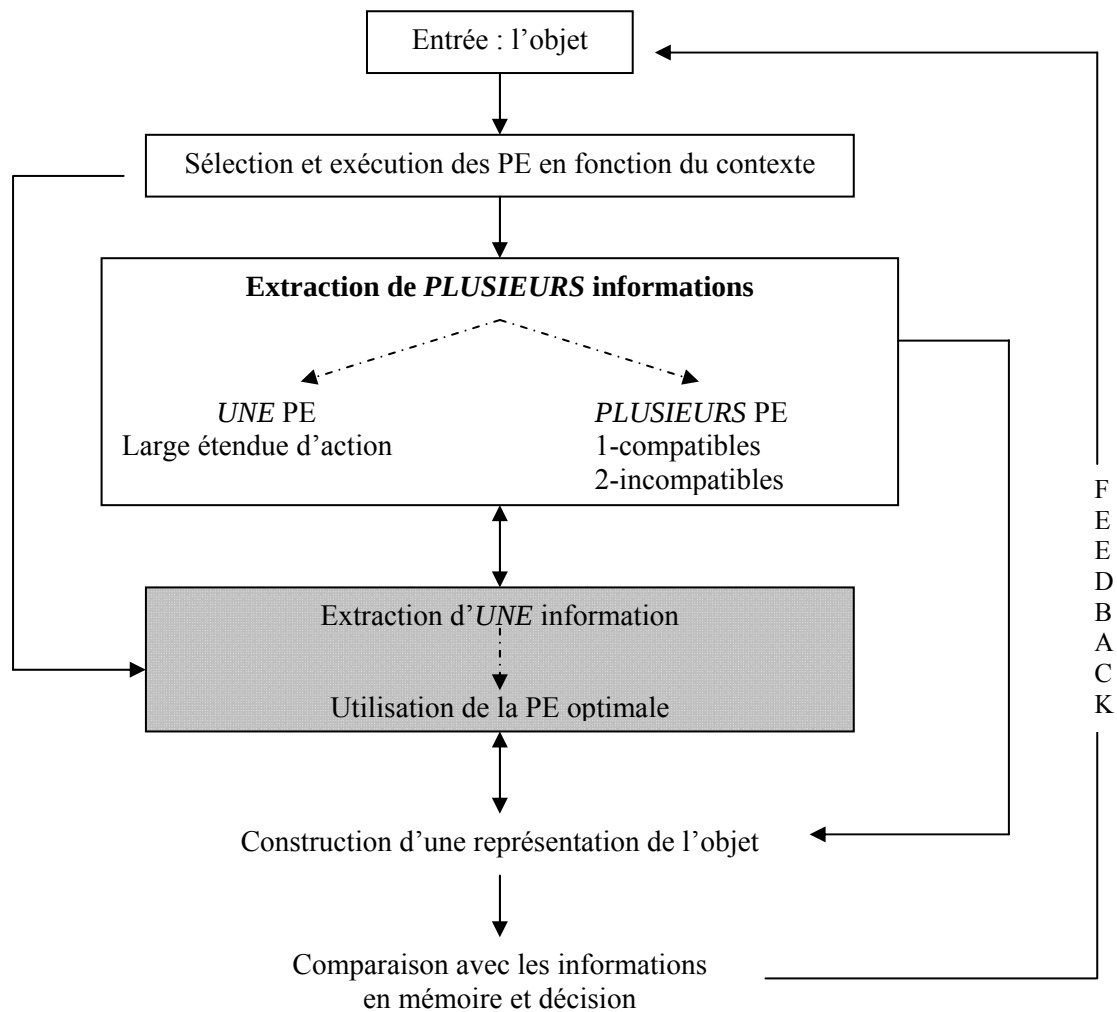


Figure 3 : Boucle d'extraction-sélection des PE, révisée d'après Russier (2000).

1.2. Exploration manuelle chez les enfants voyants et déficients visuels

L'exploration manuelle chez les enfants voyants et déficients visuels sera davantage développée dans le chapitre expérimental 1. De ce fait, nous exposerons de manière synthétique les données principales de la littérature dans cette introduction générale.

Dans une tâche de localisation spatiale d'objets, Hatwell, Osiek et Jeanneret (1973) montrent que l'exploration des enfants de 4-5 ans voyants travaillant sans voir est inorganisée et partielle et ne concerne que les zones proches du corps. Vers 7-9 ans, la taille de la zone explorée augmente, mais le parcours reste peu organisé et les enfants n'ont pas de points de repères (Hatwell et al., 1973). Ungar, Blades et Spencer (1995) ont montré que chez des enfants aveugles âgés de 7 ans choisissaient majoritairement une stratégie d'exploration égocentrée, tandis que ceux âgés de 10 ans employaient davantage de stratégies exocentrées. Dans une tâche de perception de formes, Piaget et Inhelder (1947) ont observé que l'exploration manuelle chez des jeunes enfants travaillant sans voir était partielle, peu active, stéréotypée et inadaptée à la tâche. Ce n'est qu'à partir de 7 ans que l'exploration devient méthodique et que l'enfant se réfère à un point de repère fixe. Une amélioration de l'exploration haptique est également mise en évidence par Hatwell, Orliaguet et Brouty (1990) chez des enfants voyants travaillant sans voir entre 5 et 9 ans. De même, chez les enfants aveugles congénitaux, une augmentation de l'activité d'exploration est observée entre 4 et 7 ans, aucune différence n'apparaissant entre ces derniers et les enfants voyants (Morrongiello, Humphrey, Timney, Choi & Rocca, 1994; Simpkins, 1979).

1.3. Exploration manuelle chez les adultes voyants et déficients visuels

Dans une tâche de localisation spatiale, Hatwell et coll. (1973) ont montré que les adultes voyants travaillant sans voir avaient une exploration structurée, couvrant l'ensemble de l'espace. La prise en compte systématique de points de repères leur permettait de ne pas repasser plusieurs fois sur un même point. Lederman et Klatzky (1993) ont observé, chez les adultes, une exploration en deux temps. Ils produisent d'abord des procédures exploratoires générales, mobilisant toute la main et apportant des informations peu précises sur plusieurs propriétés, ce qui donne une connaissance globale de l'objet. Ils utilisent ensuite des stratégies spécifiques, comme, par exemple, un enveloppement puis un suivi de contour.

1.3.1. Exploration manuelle en fonction du statut visuel des sujets

Dans une tâche d'évaluation de la courbure, Davidson et Whitson (1974) ont observé des modes d'exploration moins performants chez les adultes voyants que chez des adultes aveugles précoces, entraînant de moins bonnes performances chez les voyants. Les aveugles élargissent le champ perceptif en utilisant tous les doigts avec des stratégies d'agrippement et d'empan, mobilisant la main entière. A l'inverse, les voyants réduisent la taille de leur champ perceptif et privilégient un mode d'exploration séquentiel avec des stratégies ne mobilisant qu'un ou deux doigts, telles que le balayage, le traçage et le pincement. Lorsque l'on impose aux voyants le mode d'exploration des aveugles, aucune différence de performance n'apparaît entre les deux groupes. Heller (1989) montre également

une différence dans l'exploration des dessins en relief entre des adultes voyants travaillant sans voir et des aveugles. Les temps d'exploration sont plus longs pour les voyants que pour les aveugles. De plus, les voyants utilisent uniquement l'index de leur main préférée pour explorer les formes tandis que les aveugles modifient les deux index en parallèle. L'utilisation de cette stratégie chez les aveugles pourrait être la conséquence de la lecture en braille. Elle augmenterait la vitesse de traitement et réduirait par conséquent la surcharge mnésique liée au codage des informations (Craig, 1985).

Plus récemment, Richard et coll. (2004) ont étudié l'évolution des procédures d'exploration haptique chez des sujets voyants travaillant sans voir, des aveugles tardifs et précoces, dans une tâche de reconnaissance de figures géométriques en relief avant et après un entraînement haptique. Les résultats montrent qu'après avoir découvert le critère de différenciation des figures, les sujets recherchaient davantage les détails et comparaient plus les figures. Toutefois, l'entraînement a davantage profité aux voyants et dans une moindre mesure aux sujets aveugles tardifs, qui ont adapté leur recherche d'informations à la tâche et ont abandonné les procédés les moins pertinents. Par ailleurs, Richard et Portalier (2002) ont montré que le groupe des voyants est celui qui bénéficie le plus de l'entraînement avec une amélioration significative des performances. Une utilisation différenciée des stratégies a également été trouvée, les voyants ayant recours à tous les procédés d'exploration, tandis que les aveugles privilégient des procédés métriques, plus pertinents pour répondre à la tâche (Richard et al., 2004).

1.3.2. Comparaison entre une exploration unimanuelle et bimanuelle.

Lomov (1966) montre que l'exploration bimanuelle libre de formes symétriques se traduit par un déplacement en parallèle des deux mains. Ce résultat est confirmé par les travaux de Ballasteros, Manga et Reales (1997) qui font apparaître, chez des adultes travaillant sans voir, de meilleures performances avec une exploration bimanuelle plutôt qu'unimanuelle, lors d'une tâche de détection de la symétrie de formes bidimensionnelles. Lors de l'exploration bimanuelle, les deux index sont placés de part et d'autre de l'axe médian du corps, permettant l'accès à un nouveau cadre de référence, l'axe médian exocentré. Ce n'est pas le cas lors d'une exploration unimanuelle. De plus, l'exploration bimanuelle d'une forme symétrique permet une économie de traitement de l'information du fait de la redondance des informations de part et d'autre de l'axe de symétrie. Une étude récente (Wijntjes, Lienen, Verstijnen & Kappers, 2008) confirme l'avantage de l'exploration bimanuelle chez des adultes voyants travaillant sans voir dans une tâche d'identification d'images tactiles d'objets familiers. L'exploration bimanuelle conduit à de meilleures performances qu'une exploration unimanuelle chez des adultes aveugles congénitaux aussi, comme l'a révélé Russier (1999) dans une tâche de discrimination d'ellipses. Les performances des aveugles sont supérieures à celles des aveugles tardifs

et des voyants travaillant sans voir lorsque l'exploration est bimanuelle. Lorsqu'elle est unimanuelle, aucune différence selon le statut visuel n'est mise en évidence.

Les objets étant multidimensionnels, ils ont une valeur sur plusieurs propriétés : texture, taille, forme, etc. Dans la vision, toutes les dimensions sont perçues quasi simultanément. Cela n'est pas le cas dans la modalité haptique, en raison du mode d'exploration et des incompatibilités motrices rendant la perception très séquentielle. La seconde partie de cette introduction s'intéressera au traitement des objets dans la modalité haptique.

2. Traitement des propriétés des objets en modalité haptique

Selon Lederman et Klatzky (1993), un objet est composé d'une dimension géométrique (spatiale ou de structure) et d'une dimension matérielle (ou de substance). La dimension géométrique prend en compte les propriétés de forme (carré, rond, courbure, symétrie...) et de taille (grand ou petit), et la dimension matérielle distingue la texture (lisse, rugueux, mou, dur...) et la température apparente. Il existe également une dimension hybride rassemblant des valeurs de propriétés matérielles et géométriques qui correspond au poids de l'objet reflétant la densité et la taille. Lederman et Klatzky (1997) ont effectué une série de recherches pour évaluer l'accessibilité des propriétés géométriques et matérielles à partir d'une exploration haptique. Leur procédure reprenait le paradigme de recherche visuelle utilisé en condition visuelle (Treisman & Dormican, 1988). La tâche consistait à détecter la présence ou non d'une cible ayant une certaine valeur sur une propriété parmi un ensemble de stimuli distracteurs qui différaient de la cible sur la valeur de cette propriété. Par exemple, la propriété peut être l'orientation d'une ligne et la tâche du sujet peut consister à rechercher une ligne horizontale parmi un ensemble de lignes verticales. Dans leur tâche, Lederman et Klatzky (1997) ont étudié treize propriétés pouvant être divisées en quatre ensembles : 1/ discrimination du matériau (surface rugueuse vs lisse ou surface chaude vs froide) ; 2/ discrimination d'une surface plane vs une surface comportant une discontinuité spatiale abrupte, comme une barre en relief ; 3/ discrimination d'une étendue spatiale bi- ou tridimensionnelle, comme déterminer si un point de relief est situé à droite ou à gauche d'une indentation et 4/ discrimination entre les contours tridimensionnels comme une surface incurvée vs surface plate. Les résultats indiquent clairement que les propriétés matérielles sont accessibles relativement tôt par le toucher, plus tôt que les propriétés spatiales comme l'orientation d'une arête ou les positions relatives d'éléments en relief. L'accès aux informations matérielles est plus aisé dans le système haptique. Lederman et Klatzky (1993, 1996) développent l'idée selon laquelle chaque modalité excelle dans le traitement de certaines propriétés et est moins performante dans d'autres. Cela peut être mis en lien avec le mode d'exploration des sujets. En effet, en raison de son mode d'exploration, le toucher n'est pas spécialisé dans la perception spatiale, domaine d'excellence de la

vision, mais l'est plutôt dans les propriétés matérielles. Cette spécialisation s'explique sans doute par la simplicité des procédures exploratoires pour percevoir la texture ou la dureté, qui ne nécessitent pas une exploration complète de l'objet et de prise de référence extérieure. Par ailleurs, une exploration adaptée de la texture (frottement latéral de la surface) a ainsi été observée dès 4-6 mois (Morhange-Majoux, Cougnot et Bloch, 1997). Au contraire, les propriétés géométriques telles que la forme et la taille exigent des procédures exploratoires élaborées et un système spatial de référence que les adultes maîtrisent bien mieux que les jeunes enfants. Elles exigent également des mouvements coordonnés dans le temps. Ainsi, le toucher est plus performant dans la perception de la texture et la dureté des matériaux, alors qu'il l'est moins dans celle de l'espace.

Cette spécialisation pour la dimension matérielle s'effectue très tôt comme peuvent en témoigner les préférences dimensionnelles. En effet, avec des objets bidimensionnels, Klein (1966) observe, en condition haptique, une préférence pour la texture avant 6-8 ans et pour la forme après cet âge, alors que chez Gliner, Pick, Pick et Hales (1969), ainsi que chez Siegel et Vance (1970), l'inversion apparaît vers 5-6 ans. Berger et Hatwell (1993, 1996) trouvent aussi une préférence massive pour les classements par la texture au détriment de ceux par la taille chez des enfants de 5 ans, alors que les adultes préfèrent au contraire les classements par la taille. Lorsqu'il s'agit d'objets tridimensionnels, on note l'apparition de la préférence pour la forme sur la texture dès 5 ans (Abravanel, 1970 ; Siegel & Vance, 1970). Cette différence avec les formes bidimensionnelles peut s'expliquer par le mode d'exploration propre aux objets bi ou tridimensionnels. Pour les objets bidimensionnels, il s'agit d'une exploration plus digitale alors que les objets tridimensionnels permettent un enveloppement complet qui fait partie des activités sensori-motrices habituelles de l'enfant.

Nous allons étudier maintenant plus en détail le traitement haptique des différentes propriétés en commençant par celles appartenant à la dimension matérielle, puis celles de la dimension géométrique de l'objet. Nous examinerons ensuite les relations entre les différentes propriétés.

2.1. Traitement haptique de la dimension matérielle de l'objet

Au sens large, toutes les propriétés physiques définissant la microstructure d'une surface sont englobées dans le terme « texture » : rugosité, dureté et élasticité, etc. (Lederman & Klatzky, 1997). Seules la rugosité et la dureté, dans une moindre mesure, ont fait l'objet d'études. Nolan et Morris (1960) font discriminer des papiers abrasifs par des enfants aveugles de 5 à 14 ans et observent une amélioration avec l'âge, mais jusqu'à 7 ans seulement. De leur côté, Stellwagon et Culbert (1963) ne trouvent pas de différences entre les performances d'adolescents et adultes aveugles et celles de voyants dans la discrimination de dix textures. Dans les tâches de classification, le toucher peut discriminer les textures aussi bien que la vision et parfois même mieux que celle-ci pour les textures

extrêmement fines des papiers abrasifs (allant des numéros 1000 à 6000 selon les normes standard), comme le montre l'expérience de Heller (1989) réalisée avec des adultes voyants travaillant sans voir, aveugles précoces et aveugles tardifs. Les informations relatives à la texture peuvent être également prises en compte dans la perception d'autres propriétés. En effet, dans la recherche de Holmes, Hughes et Jansson (1998), la perception haptique de gradients de texture permet l'appréhension d'une propriété tridimensionnelle, telle que l'inclinaison. Dans cette étude, des adultes travaillant sans voir et des aveugles précoces ont manifesté une bonne capacité de discrimination de gradients de texture et ont pu, par la suite, reproduire l'inclinaison d'un panneau à partir de la représentation graphique de son gradient.

2.2. Traitement haptique de la dimension géométrique de l'objet

Concernant la dimension géométrique de l'objet, nous nous intéresserons plus précisément à la perception de la courbure, de la longueur, de la distance, des orientations, et de la localisation.

2.2.1. Courbure

Les études indiquent que la perception de la courbure est efficace lorsque l'exploration est passive pour des objets de la taille d'un doigt (Goodwin & Weat, 1992 ; Goodwin, John & Marceglia, 1991) ou active si elle ne sollicite pas le système épaule-main (Davidson, 1972 ; Gordon & Morison, 1982). Le type de forme et le degré de courbure influencent également la discrimination de courbure. Ainsi, les performances sont meilleures lorsque l'indice de courbure est important (Kappers, Koenderink & Lichtenegger, 1994 ; Kappers, Koenderink & Te Pas, 1994). Par ailleurs, les formes concaves entraînent de moins bonnes performances que les formes convexes et ce d'autant plus que la courbure est petite (Kappers et al., 1994 ; Kappers et al., 1994). Les sphères nécessitent un temps d'exploration plus long et une exploration plus complète que les ellipses (Roland & Mortensen, 1987). Pour finir, l'orientation de l'exploration de la courbure par rapport à la main influe sur l'estimation de la courbure. Cette dernière sera jugée plus courbe lorsque le stimulus est parallèle aux doigts que lorsqu'il leur est perpendiculaire car la longueur de contact (portion du stimulus en contact avec la peau) est plus petite (Pont, Kappers & Koenderink, 1998).

2.2.2. Longueur

Chez des sujets voyants travaillant sans voir, Hatwell (1986) a montré que la perception des longueurs est plus précise en vision qu'en haptique, surtout chez les sujets les plus jeunes. En ce qui concerne la reconnaissance de formes simples, aucune différence n'est observée entre les aveugles et les voyants (enfants et adultes) dans la comparaison de longueurs (Jones, 1972 ; Jones & Voerck, 1973). Lors

d'une situation plus complexe où il faut reproduire la longueur d'un mouvement du bras alors que le point de départ de ce mouvement est changé, les sujets aveugles font plus d'erreurs que les voyants (Hermelin & O'Connor, 1975).

Dans la modalité tactile, la manière dont les sujets effectuent la mesure d'un segment a également une influence sur l'estimation de la longueur d'un segment. Lorsque les sujets placent leurs deux index aux deux extrémités du stimulus ou déplacent un seul index ou la main entière le long du stimulus, les résultats sont identiques à ceux trouvés en vision, l'augmentation de la grandeur physique du stimulus produisant une augmentation proportionnelle de la grandeur perçue (Hermelin & O'Connor, 1975 ; Stanley, 1966 ; Teghtsoonian & Teghtsoonian, 1965). Mais lorsque l'estimation est donnée par l'écartement entre le pouce et l'index, l'augmentation de la valeur physique du stimulus produit une augmentation plus rapide de la grandeur perçue par la main (Teghtsoonian & Teghtsoonian, 1970).

Une influence du mode d'exploration (statique ou dynamique) a été mise en évidence sur l'estimation de longueurs rectilignes par Lederman, Klatzky et Barber (1985). Les erreurs sont plus importantes lorsque l'exploration est statique plutôt que dynamique. Ces auteurs montrent également que les erreurs des aveugles tardifs sont similaires à celles des voyants travaillant sans voir, alors qu'elles sont plus élevées chez les aveugles précoces. Lederman, Klatzky, Collins et Wardell (1987) révèlent que les performances ne sont pas influencées par la vitesse d'exploration du stimulus, alors qu'elles le sont par la force impliquée lors des mouvements d'exploration (Wydoodt, Gentaz, & Streri, 2006).

Dans toutes ces recherches, les stimuli sont positionnés sur le plan horizontal. Dans leur étude, Lanca et Bryant (1995) ont fait varier l'orientation des stimuli. Ils ont demandé à des adultes travaillant sans voir d'explorer un segment avec l'index, en laissant leur avant-bras et leur main reposer sur la table, puis de reproduire la longueur du stimulus avec le même index. Les résultats font apparaître une sous-estimation qui augmente avec la longueur physique du stimulus, quelle que soit l'orientation. Néanmoins, l'orientation des stimuli a une influence lorsque les sujets ne prennent pas appui avec leur avant bras sur la table lors de l'exploration.

2.2.3. Inférence des distances

En ce qui concerne l'inférence des distances, Lederman et coll. (1985) demandent à des sujets d'inférer la distance entre deux points dans une tâche où ils doivent, avec leur index, parcourir un chemin comportant des détours. Les résultats montrent que les sujets surestiment la distance euclidienne entre deux points à mesure que la longueur des détours s'accroît. Ce résultat est présent avec des réponses dynamiques ou statiques et quelle que soit l'orientation des stimuli. Cet effet existe également chez les aveugles tardifs et précoces avec une amplitude plus importante chez les aveugles

précoces. En 1987, Lederman et coll. observent une influence de la vitesse d'exploration sur l'effet du détour, qui est minimum avec une vitesse rapide et maximum avec une vitesse lente. Récemment, plusieurs recherches (Faineteau, Gentaz, & Viviani, 2003, 2005 ; Faineteau, Palluel-Germain & Gentaz, 2008) suggèrent que les erreurs d'estimation seraient davantage liées à la présence de points d'inflexion le long du trajet impliquant à la fois des changements géométriques (concernant la courbure) mais également biomécaniques (la synergie des muscles impliqués dans le système bras-main).

2.2.4. Orientation

Globalement, la perception des orientations est plus précise en vision qu'en haptique (Gentaz, Luyat, Cian, Hatwell, Barraud & Raphel, 2001). Dans la perception haptique des orientations, on ne retrouve pas toujours l'anisotropie (meilleure perception des verticales et horizontales que des obliques) qui est systématique dans la perception visuelle (Gentaz & Ballaz, 2000 ; Gentaz & Tschopp, 2002). Cet «effet de l'oblique» (Appelle, 1972) est présent à tous les âges dans les tâches visuelles de comparaison et de reproduction. Gentaz et Hatwell (1996, 1998, 1999) ont montré que cet «effet de l'oblique» existe aussi dans la perception haptique, y compris chez des aveugles précoces et tardifs, mais dans certaines conditions seulement. Il dépend de la présence d'indices gravitaires apportés par le bras quand celui-ci se déplace en l'air pendant l'exploration et qu'il lutte contre les forces gravitaires. Dans ces conditions, le traitement va s'effectuer en prenant comme normes de référence les axes euclidiens définis par la verticale et l'horizontale. Ainsi, ces orientations deviennent plus faciles à coder que les obliques. L'effet de l'oblique disparaît si les indices gravitaires sont absents (bras reposant sur la table...). Par ailleurs, Luyat, Gentaz, Corte et Guerraz (2001) ont révélé un effet de l'inclinaison du corps et de la tête sur la perception et la reproduction des orientations chez des voyants travaillant sans voir. En effet, l'inclinaison du corps et de la tête perturbe la précision de la reproduction de la verticale et de l'horizontale. L'effet de l'oblique est présent lorsque le corps ou la tête sont en position verticale mais absent lorsqu'ils sont inclinés. Les résultats suggèrent que l'effet de l'oblique serait défini dans un cadre de référence gravitaire subjectif. Récemment, Baud-Bovy et Gentaz (2006) se sont intéressés à la perception haptique des orientations dans l'espace et ont montré qu'elle est anisotropique, à l'instar de la perception des orientations dans un plan bidimensionnel.

2.2.5. Localisation

Localiser un stimulus dans l'environnement suppose de coder sa place dans un cadre de référence. Le codage de la localisation s'opère dans un cadre spatial de référence différent selon le statut visuel et l'âge des sujets. En effet, le système haptique est un système de contact et ne permet pas d'appréhender autant d'informations sur les objets extérieurs que le système visuel. Ainsi, en vision,

les résultats montrent que le jeune enfant peut localiser précocement les objets dans un cadre de référence allocentré (en référence tout d'abord à des indices extérieurs stables présents dans son environnement visuel puis, plus tard, par rapport à un cadre de référence gravitaire). En haptique, la situation diffère selon que le sujet dispose ou non de représentations visuelles. Chez les voyants travaillant sans voir et les aveugles tardifs, la localisation haptique d'un objet est faite généralement dans un cadre de référence allocentré, surtout chez les enfants plus âgés et les adultes. Mais les jeunes enfants voyants (4 ans) privilégient plus longtemps un cadre de référence égocentré non réactualisé, c'est-à-dire qui n'a pas pris en compte les conséquences spatiales des déplacements du sujet ou des objets (Hatwell & Sayettat, 1991). Les aveugles précoces, mêmes adultes, ont tendance à localiser haptiquement par rapport au corps propre, c'est-à-dire dans un cadre de référence égocentré (Millar, 1994). Ils manifestent alors le plus souvent des difficultés dans l'inférence de la place des objets après un déplacement des objets ou du sujet lui-même (Hatwell, 1966, 1978 ; Thinus-Blanc & Gaunet, 1997). Cela apparaît, surtout chez les jeunes enfants, dans les tâches dites de « prise de perspective », dans lesquelles il faut se représenter la disposition des objets sous différents points de vue (Miletic, 1995). Par ailleurs, la position d'un stimulus serait codée relativement aux axes du cadre de référence utilisé, indépendamment des mouvements produits pour l'atteindre (Lederman et al., 1985) et en nécessitant peu ou pas de ressources attentionnelles (Hatwell, 1995). En revanche, dans une tâche d'inférence d'une localisation spatiale d'un point, Gentaz et Gaunet (2006) montrent que, dès 7 ans, les voyants travaillant sans voir utilisent un mode de codage fondé sur le mouvement d'exploration de la main.

2.3. Relations entre les propriétés

En vision, toutes les propriétés sont perçues quasi simultanément, contrairement à la modalité haptique, en raison du mode d'exploration et des incompatibilités motrices rendant la perception très séquentielle. Avec la vision, il a été montré que les jeunes enfants (4-5 ans) ont tendance à classer les objets par similarité globale (c'est-à-dire prenant en considération toutes les dimensions du stimulus), et les adultes par dimension (Smith, 1989). Berger et Hatwell (1993, 1995, 1996) ont obtenu, dans la modalité haptique, des résultats différents. D'une part, il n'y a pas, chez les enfants, de prédominance du classement par similarité globale sur le classement dimensionnel. À 5 et 9 ans, les réponses majoritaires sont dimensionnelles, ce qui semble résulter des caractéristiques de l'exploration. D'autre part, chez les adultes, les classements se font surtout par similarité globale (Berger & Hatwell, 1995). C'est que, contrairement aux enfants qui basent leurs réponses sur ce qu'ils ont perçu aux stades initiaux du processus perceptif (évaluation d'information de bas niveau), les adultes privilégient les informations apportées aux stades ultimes du traitement (évaluation d'information de haut niveau). Or, en haptique, les dimensions sont perçues séparément au début puis, à la fin du traitement, elles sont

intégrées en un tout unifié. Au contraire, dans la vision, les premières phases du processus sont globales, puis les dimensions sont extraites et analysées séparément.

Après avoir examiné le traitement haptique des différentes propriétés de l'objet, nous nous intéresserons à l'identification haptique d'objets.

3. Identification haptique d'un objet

3.1. Identification d'objets en 3D : objets géométriques et usuels

En ce qui concerne la reconnaissance de formes géométriques simples mais difficilement verbalisables, Ewart et Carp (1963, adultes), Hatwell (1959, enfants de 8 à 16 ans), Pick et Pick (1966, enfants de 7 à 17 ans) et Worchel (1951, sujets de 8 à 21 ans) ne trouvent pas de différences entre les aveugles précoces et les voyants travaillant sans voir. Par contre, lorsqu'il s'agit de tâches plus complexes, telles que la reproduction et la reconstruction de formes, ou la détection de formes simples enchâssées dans des formes complexes (Hatwell, 1959; Witkin, Birnbaum, Lomonaco, Lehr & Herman, 1968), une nette supériorité des voyants sur les aveugles précoces est observée. De plus, une supériorité des aveugles tardifs sur les aveugles précoces est généralement rapportée.

Lorsqu'il s'agit d'identifier de petits objets usuels ayant une signification pratique (fourchette, clé, bouchon de bouteille, etc.), le système haptique se montre très performant, aussi performant que le système visuel. En effet, l'étude de Klatzky, Lederman et Metzger (1985) chez des adultes voyants travaillant sans voir montre que la reconnaissance de 100 objets familiers est très rapide (quelques secondes) et pratiquement sans erreurs. De très bonnes performances sont également trouvées dans l'étude de Klatzky, Loomis, Lederman, Wake et Fujita (1993). Dans cette dernière, des adultes travaillant sans voir devaient identifier des objets réels en portant des gants et en explorant seulement avec un doigt (ce qui a réduit les informations). Malgré cela, les performances de reconnaissance correcte étaient de 75%, bien au dessus de celles pour l'équivalent de ces objets en lignes de contour.

L'étude de Bushnell et Baxt (1999) rapporte également de bonnes performances d'identification avec des objets en 3D familiers chez des enfants voyants de 5 ans travaillant sans voir. Les objets différaient selon plusieurs dimensions (forme, texture, poids, rigidité, nombre de parties distinctes...). Ces résultats confirment ceux de Klatzky et coll. (1989) selon lesquels plusieurs propriétés peuvent se combiner pour augmenter la vitesse et la finesse de l'identification tactile de l'objet. Les représentations perceptives formées ne sont donc pas dérivées d'images simplement visuelles mais de représentations complexes qui contiennent de l'information haptique saillante, telles que les informations concernant la texture d'un objet, le poids, la température...

Des objets non familiers, qui ont peu de signification et pas d'étiquette verbale conventionnelle, ont également été testés. Dans cette condition aussi, les enfants manifestent de bonnes performances de reconnaissance. Cela indique que la reconnaissance haptique n'est pas dépendante des étiquettes verbales conventionnelles des objets.

Par ailleurs, Morrongiello et coll. (1994) ont présenté à des enfants aveugles et voyants (travaillant sans voir) âgés entre 3 et 8 ans des objets de taille normale pouvant être manipulés avec les deux mains (une tasse, un livre, un crayon), des objets miniaturisés représentant des objets relativement petits (un biberon, une tasse), des objets miniaturisés représentant des objets relativement grands (une bicyclette, un frigidaire, une chaise), et des objets plus grands que les objets réels qu'ils représentent (un grand crayon, de grandes lunettes). Les résultats ne montrent pas de différences en fonction du statut visuel. Dès 3-4 ans, les enfants ont de bonnes performances d'identification pour les objets de taille normale. En revanche, les objets miniaturisés, surtout ceux concernant des objets de grande taille, entraînent un plus grand nombre d'erreurs. Cela n'est pas surprenant car les objets miniaturisés ressemblent très peu, tactilement, aux objets qu'ils représentent. Par ailleurs, les résultats indiquent que les erreurs réalisées par les enfants jeunes (3-4 ans) concernent la forme globale des objets tandis que les erreurs des enfants plus âgés (à 5-6 ans mais essentiellement à 7-8 ans) sont basées à la fois sur des parties d'objets et sur la forme globale. Les représentations des enfants plus âgés sont donc plus riches en détails. L'absence de différences entre les résultats des sujets voyants et aveugles révèle que les représentations ne dépendent pas de l'expérience visuelle et que le système haptique fournit sa propre représentation des objets.

3.2. Discrimination et identification de formes bidimensionnelles

Selon Kennedy (1997 ; Kennedy, Gabias, & Nicholls, 1991), les lignes qui constituent les figures bidimensionnelles représentent la limite physique d'une surface ou d'une forme et sont constituées de deux bords ou deux frontières : intérieure et extérieure. En conséquence, les lignes épaisses sont perçues différemment des lignes minces. En effet, plus la ligne est épaisse, plus les bords sont éloignés. Ainsi, plus l'éloignement est important, plus le système perceptif a de chances de traiter cette ligne comme une surface, et non comme un contour. C'est ce que montre Kennedy (1997) dans une expérience où il fait varier l'épaisseur de la ligne de profils de visages. Lorsque la ligne du profil est épaisse (bords séparés de 0,8 centimètre), les sujets ont l'impression qu'il y a deux profils regardant dans la même direction. Quand la ligne est mince et ses deux frontières proches (0,1 cm), les sujets perçoivent un seul visage. Cette ambiguïté due à l'épaisseur de la ligne se retrouve aussi bien dans le toucher que dans la vision. Ainsi, Kennedy pense qu'il existe une région du cerveau procédant à un traitement amodal, qui reçoit les inputs de la vision et du toucher et exécute ces traitements. De ce fait, il suggère que les aveugles sont capables de comprendre les images tactiles car la capacité à

interpréter les fonctions des bords de la surface (contour) est présente, même quand il n'y a pas de signaux visuels.

Le développement de la reconnaissance de formes bidimensionnelles par le toucher sera étudié tout d'abord chez les enfants voyants et aveugles, puis chez les adultes voyants et aveugles. Nous examinerons ensuite les différents facteurs influençant les performances de reconnaissance.

3.2.1. Reconnaissance de formes bidimensionnelles chez les enfants

Piaget et Inhelder (1947) font partie des premiers chercheurs à s'être intéressés à la perception « stéréognostique », qui consiste à traduire une perception tactilo-kinesthésique d'un objet invisible en une image spatiale de caractère visuel. Ils ont proposé à des enfants voyants de toucher, sans les voir, des objets usuels et des formes géométriques découpées dans un carton et de les reconnaître ensuite parmi un certain nombre de formes ou de les dessiner. Leur étude a mis en évidence une évolution en trois stades de la capacité à traduire des perceptions tactilo-kinesthésiques en une image visuelle. Le premier stade, entre 3 ans et demi et 4 ans, montre une reconnaissance aisée des objets familiers et un début d'abstraction des formes, limitée à la compréhension des rapports topologiques d'ouverture et de fermeture, d'enlacement et de séparation. A un niveau de transition entre ce stade et le stade II, les enfants parviennent à distinguer les formes curvilignes des formes rectilignes, mais présentent une indifférenciation entre les différentes formes rectilignes (rectangle, carré...) ou entre les différentes formes curvilignes (cercle, ellipse...). Lors du deuxième stade, débutant vers 4 ans et demi, l'enfant différencie progressivement les formes euclidiennes. Au cours du dernier stade, grâce à une exploration méthodique influencée par les coordinations opératoires, les enfants, entre 6 ans et 7 ans, parviennent à différencier des formes complexes (étoile, croix de lorraine, trapézoïdes...).

Gottesman (1971) a réalisé une étude comparative du développement de la perception haptique basée sur la recherche de Piaget et Inhelder (1947) chez des enfants voyants travaillant avec et sans vision et des aveugles. Il a retrouvé les 3 étapes de développement décrites par Piaget et Inhelder. Des capacités semblables chez les enfants aveugles et voyants ont été mises en évidence, indiquant que les stades de développement sont similaires. Simpkins (1979) a également montré que la compréhension topologique de l'espace est similaire chez les enfants voyants et aveugles, mais que ces derniers ont plus de difficultés à passer à une compréhension des rapports projectifs et euclidiens.

3.2.2. Reconnaissance de formes bidimensionnelles chez les adultes

De nombreuses études révèlent que l'identification des dessins par le toucher reste assez difficile. En effet, Kennedy et Fox (1977) observent de faibles performances chez des adultes travaillant sans voir

(30% de réussite) et des performances encore plus basses chez des adultes aveugles (18%) lorsqu'ils leur demandent d'identifier des objets familiers (table, tasse, main...) représentés par leurs contours. L'étude de Magee et Kennedy (1980) rapporte également de faibles performances dans la reconnaissance de dessins d'objets familiers (papillon, bateau, poisson, parapluie...) chez les adultes aveugles précoces (17% de réussite) malgré une exploration active. Jones (1981) montre que la reconnaissance des formes plates est systématiquement plus faible en tactile qu'en visuel. Lederman, Klatzky, Chataway et Summers (1990) ont comparé la capacité des sujets voyants travaillant sans voir et d'aveugles à reconnaître des dessins en relief linéaire d'objets familiers. Les voyants n'ont reconnu que 34 % des objets, même après deux minutes d'exploration, et les performances des aveugles ont été encore plus faibles (10% de réussites). Klatzky, Lederman, et Balakrishnan (1991) ont étudié la capacité de voyants travaillant sans voir à indiquer si deux objets plats présentés successivement sont les mêmes ou non. Bien que les différences soient facilement détectables visuellement, les performances tactiles des sujets se sont avérées non différentes du hasard.

3.2.3. Facteurs influençant la reconnaissance de formes bidimensionnelles

Nous allons nous intéresser aux différents facteurs pouvant agir sur les performances de reconnaissance d'images bidimensionnelles. Ainsi, certains facteurs, comme l'expérience visuelle ou une exploration haptique adéquate, peuvent faciliter la reconnaissance des formes. A l'inverse, d'autres facteurs, telle que l'exiguïté de l'espace tactile, rendent la reconnaissance haptique plus difficile. Nous verrons également que le type de tâche, la familiarité des sujets avec les objets, l'attribut structural de la forme (forme pleine ou lignes de contour), influencent les performances de reconnaissance.

Rôle de l'expérience visuelle

Le rôle de l'expérience visuelle antérieure a été mis en évidence par Heller (1989) dans l'identification de dessins d'objets familiers. Les aveugles tardifs y manifestent une nette supériorité par rapport aux aveugles précoces et aux voyants travaillant sans voir, qui ne se différencient pas. En effet, ils bénéficient à la fois de leur expérience visuelle qui leur permet d'accéder aux codes graphiques, et de l'exercice de la modalité tactile. Malgré cela, leurs performances restent assez faibles. Si l'expérience visuelle antérieure facilite la reconnaissance, elle n'est néanmoins pas indispensable pour la compréhension des images tactiles, comme l'indique l'absence de différence entre les voyants et les aveugles précoces.

Par ailleurs, Pathak et Pring (1989) montrent que le traitement des dessins pour les aveugles précoces constitue une charge cognitive importante qui affecte davantage leurs capacités de conservation des données en mémoire de travail qu'il ne le fait chez les enfants voyants. En effet, les enfants aveugles

de 13 ans ont de moins bonnes performances que les enfants voyants travaillant sans voir lorsqu'il faut indiquer de mémoire lequel des trois dessins qu'ils ont explorés successivement au préalable correspond au mot énoncé par l'expérimentateur. En revanche, dans une condition inverse, où un seul dessin est présenté, les sujets devant choisir parmi trois mots celui correspondant au dessin, les performances des aveugles sont équivalentes à celles des voyants.

Heller, Calcaterra, Tyler et Burson (1996) ont également montré davantage de difficultés dans l'identification de dessins d'objets familiers chez des adultes aveugles précoces que chez des adultes voyants travaillant sans voir et chez des aveugles tardifs, et ce, malgré une aide apportée par des indices contextuels. Leur étude révèle que donner au préalable des informations sur la catégorie d'appartenance des objets facilite l'identification tactile surtout pour les voyants travaillant sans voir et les aveugles tardifs. Les adultes voyants travaillant sans voir parviennent à 63% de réponses correctes contre 25% seulement lorsque cette information n'est pas donnée. Avec une information catégorielle, les aveugles tardifs obtiennent les mêmes performances que les voyants. En revanche, les aveugles précoces n'ont que 37 % de réussite.

Ainsi, ces études montrent que si l'expérience visuelle n'est pas une condition nécessaire à l'identification, elle est néanmoins évidemment facilitatrice.

Rôle de l'exploration haptique

Le rôle de l'exploration sur les performances d'identification de formes bidimensionnelles a aussi été étudié par D'Angiulli, Kennedy et Heller (1998). Dans leur expérience, des enfants de 8 à 13 ans aveugles et voyants travaillant sans voir devaient reconnaître des objets familiers (utilisés par Heller, 1989). Les résultats indiquent que les enfants aveugles ont de meilleures performances que les enfants voyants. Mais lorsque les enfants voyants sont guidés dans leur exploration par les expérimentateurs, leurs performances atteignent celles des enfants aveugles. D'Angiulli et Kennedy (2000) rapportent également une augmentation de la reconnaissance lorsque l'exploration est guidée chez des enfants et des adultes voyants travaillant sans voir. De plus, les enfants guidés dans leur exploration parviennent à des performances équivalentes à celles des adultes guidés. Ainsi, une exploration guidée par l'expérimentateur (donc adéquate) permet d'acquérir plus efficacement des informations tactiles.

Influence du champ perceptif

Loomis et coll. (1991) montrent que l'exiguïté du champ perceptif tactile est en partie responsable des faibles performances dans la reconnaissance d'objets familiers à partir du toucher. Dans leur étude, ils comparent, chez des adultes voyants, les performances visuelles et tactiles en égalisant la taille de ce champ à la taille d'un index ou de deux index. Avec un champ perceptif correspondant à celui d'un seul index, l'identification est la même dans la vision et le toucher. Mais quand le champ correspond à

deux index, les performances visuelles s'améliorent tandis que celles tactiles ne varient pas. La capacité de traitement du toucher en un seul focus attentionnel correspond donc à l'information apportée par un index seulement.

Influence du type de tâche et de la familiarité des objets sur les performances

Heller et Bracket (2002) révèlent que le type de tâche peut influencer également les performances. En effet, ils observent de très bonnes performances chez des aveugles précoces, des aveugles tardifs, des malvoyants et des voyants travaillant sans voir dans une tâche de reconnaissance de dessins d'objets courants. La tâche consistait à reconnaître un dessin parmi quatre figures de comparaison et non pas à dénommer les dessins. Les résultats sont sans doute basés uniquement sur un appariement perceptif des figures, sans identification de l'objet représenté par chacune d'elles. De la même façon, on peut penser que la familiarité des sujets avec les objets joue un rôle dans les tâches de dénomination. En effet, il n'y a rien d'étonnant à ce que des sujets aveugles ou voyants aient des difficultés à nommer des objets peu familiers, comme c'est le cas par exemple dans l'expérience de Maggee et Kennedy (1980) où ils proposent des objets tels que le cygne par exemple. Dans ce cas, les performances sont assez basses mais cela ne nous informe pas sur la capacité perceptive d'un sens. On voit donc l'importance du type de tâche et de la familiarité des objets sur les performances des sujets.

Taille des images tactiles

La taille des images tactiles influence les performances d'identification. En effet, plusieurs études montrent que les grandes images sont mieux identifiées que les petites. Dans celle de Kennedy et Bai (2002) réalisée chez des adultes voyants travaillant sans voir, les dimensions des images étaient comprises entre 15 et 22 cm, soit 50% plus grandes que celles utilisées par Lederman et coll. (1990) et 30% supérieures aux images de l'étude de D'Angiulli et al. (1998). Les identifications correctes sont plus nombreuses chez Kennedy et Bai (> 60%) que chez Lederman et coll. (34%) et D'Angiulli et coll. (56%). Wijntes, Lienen, Verstijnen et Kappers (2008) rapportent également que la taille des dessins en lignes de contour influence les performances de reconnaissance haptique. Ils ont demandé à des adultes travaillant sans voir d'identifier des dessins en lignes de contour d'objets familiers de grande taille (29,7cm × 42 cm) et de plus petite taille (21 cm × 29,7 cm). Les résultats indiquent que les « grands » dessins sont reconnus plus souvent que les « petits » dessins (84% vs 77%).

Influence des attributs structuraux (forme pleine vs en ligne de contour)

L'influence des attributs structuraux a été montrée par Russier (2000) dans une tâche de discrimination de cercles et d'ellipses chez des adultes. Les figures utilisées sont réalisées avec une technique de thermogonflage. Les figures en lignes de contour sont moins bien perçues que les figures pleines par des adultes travaillant sans voir, des aveugles précoces et des aveugles tardifs. Selon l'auteur, la nature de la figure influence soit le temps d'accès à une information, soit les étapes de traitement. Selon la

première interprétation, le traitement d'une figure en lignes de contour est plus long et plus complexe que celui d'une figure pleine, perturbant l'accès à la représentation globale de la forme. La seconde interprétation propose que le processus de traitement, plus long pour les figures en lignes de contour, contraint les sujets à traiter l'information d'abord au niveau local pour accéder au niveau global ensuite. En revanche, lorsque les figures sont pleines, les sujets auraient la possibilité d'accéder directement à l'information de niveau global pour revenir ensuite à une analyse plus fine.

De moins bonnes performances pour les figures en ligne de contour ont également été trouvées dans une tâche de reconnaissance d'objets familiers chez des voyants travaillant sans voir (Thompson, Chronicle, & Collins, 2003). Dans leur expérience, ces auteurs ont utilisé des formes en lignes de contour et des formes pleines dont la surface était recouverte d'une texture uniforme pour représenter les mêmes objets. Les performances de reconnaissance sont supérieures pour les formes pleines en texture que pour les formes en lignes de contour. Selon ces auteurs, l'usage de la texture pourrait permettre aux images tactiles d'être perçues holistiquement et ainsi faciliter la reconnaissance des frontières de la figure. La texture permettrait d'augmenter le contraste entre la figure et l'arrière plan et permettrait ainsi l'identification d'une région commune. De ce fait, l'utilisation de la texture pourrait conduire le système haptique vers un traitement global, bénéfique à la reconnaissance.

3.3. Théories permettant d'expliquer l'identification des images en 2D

3.3.1. Processus amodal d'identification des lignes de contour : Kennedy

Selon Kennedy et ses collaborateurs, l'expérience visuelle n'est pas nécessaire pour donner du sens aux dessins tactiles. Plusieurs concepts tels que les différents points de vue représentés, le contour, la perspective... appliqués aux dessins en lignes de contour peuvent être compris, indépendamment de l'expérience visuelle des sujets. Kennedy suggère que l'identification des images en lignes de contour est un processus amodal, c'est-à-dire que la vision ou le toucher peuvent être utilisés indifféremment pour interpréter les images en 2D. Kennedy (1997, 2000) montre que des adultes aveugles interprètent les lignes de la même façon que les voyants. Dans son expérience, il propose quatre profils représentés par une ligne en relief à des adultes aveugles et voyants et leur demande d'attribuer à chacun d'eux une des quatre étiquettes proposées (barbe, bouclé, sourire et grand nez). Tous les sujets ont assigné la bonne étiquette aux différents profils. Les sujets devaient également attribuer une posture (une personne droite, une personne à l'envers, une personne dont le visage est orienté vers le sol, une personne dont le visage est orienté vers le ciel) en fonction de la position des profils (le menton près du sujet, le front près du sujet, nez près du sujet, nez à l'opposé du sujet). Tous les sujets aveugles et voyants ont interprété correctement les orientations des profils. Ces résultats indiquent que l'orientation de l'image convoie la même information pour les aveugles et les voyants.

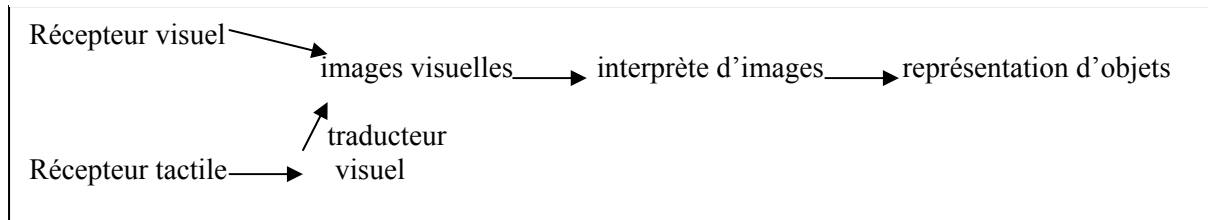
Kennedy et ses collaborateurs révèlent par ailleurs que la compréhension de différents points de vue dans le dessin est également possible par le toucher, comme l'indique l'étude d'Heller, Kennedy et Joyner (1995) dans laquelle plusieurs dessins en lignes de contour représentant une maison selon différents points de vue. Pour chaque dessin, les sujets devaient indiquer où se trouve l'observateur pour pouvoir dessiner les différents points de vue. Tous les sujets ont été capables d'interpréter les dessins en lignes de contour. Cependant, les aveugles ont eu plus de difficultés avec les dessins représentant une vue du dessus. Par ailleurs, les dessins présentant un raccourci de $\frac{3}{4}$ ont posé problème à tous les enfants. Une seconde expérience réalisée avec des voyants travaillant sans voir indique que donner auparavant une information sur la nature des dessins améliore les performances. Kennedy (1997 ; Kennedy et al., 1991) a également montré que les aveugles ont une bonne compréhension de la perspective dans les dessins d'une table en relief. Dans Kennedy et coll. (1991), 24 aveugles devaient choisir parmi plusieurs dessins celui qui correspondait le mieux au dessin d'une vue du dessous. La plupart d'entre eux ont choisi le dessin qui contenait la perspective la plus sophistiquée. Par ailleurs, Kennedy et Gabias (1985) révèlent que la notion de mouvement dans les dessins est comprise de la même façon, quel que soit le statut visuel du sujet. En effet, des aveugles et des voyants ont interprété de manière similaire différentes représentations du mouvement dans un dessin d'une roue en action. L'imagerie visuelle n'est donc pas nécessaire pour une compréhension adéquate d'images tactiles par les personnes aveugles selon Kennedy. Les différences entre aveugles et voyants seraient essentiellement d'ordre quantitatives, et non pas qualitatives selon cet auteur.

3.3.2. Modèle d'appréhension directe et modèle par médiation visuelle : Klatzky et Lederman

Klatzky et Lederman (1987) proposent deux modèles alternatifs quant à la manière dont les sens traitent l'information : le modèle d'appréhension haptique directe et le modèle par médiation d'images, qui sont illustrés dans la Figure 4. Le modèle d'appréhension haptique directe propose que le système haptique fournit sa propre et unique représentation d'objets, indépendamment de toute représentation visuelle. Le système haptique dispose de son propre appareil physiologique avec un traitement spécifique. Seule la dernière étape de traitement laisse la possibilité d'une mise en commun des informations recueillies visuellement et tactilement (représentation commune), tout en respectant l'origine des informations par l'attribution de poids différenciés dans le codage. Le modèle par médiation d'images propose que le système haptique traduit les informations tactiles en images visuelles, qui sont réinterprétées par le système visuel pour conduire à l'identification. Lederman et coll. (1990) suggèrent que les sujets voyants travaillant sans voir adoptent un processus de médiation d'images visuelles pour reconnaître les objets en 2D par le toucher. L'imagerie visuelle serait utilisée comme médium de représentation ; les sujets imagineraient visuellement les images tactiles dans le but d'intégrer les informations en 3D dans les images tactiles en 2D. A l'inverse, les aveugles n'ayant pas

l'accès à l'imagerie visuelle comme médium pour la représentation et l'interprétation des stimuli, procéderaient de manière plus conforme au modèle d'appréhension haptique directe.

Modèle par médiation d'images



Modèle d'appréhension haptique directe

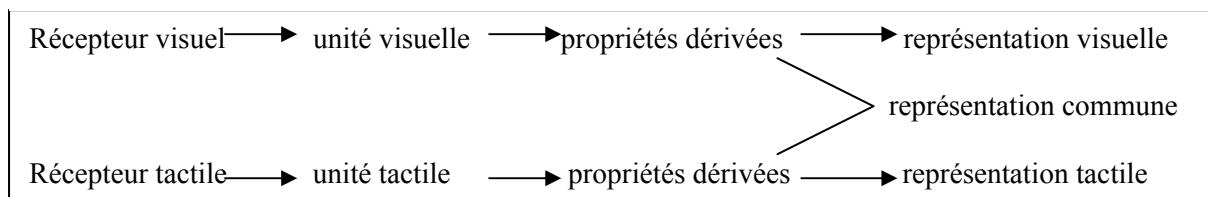


Figure 4 : Modèle par médiation d'images (en haut) et modèle d'appréhension haptique directe (en bas) d'après Klatzky et Lederman (1987).

Après avoir examiné tour à tour l'exploration haptique, le traitement des propriétés en modalité haptique puis l'identification d'objets, nous proposons d'aborder un dernier niveau d'analyse, celui des représentations mentales.

4. Les représentations mentales

Comme nous l'avons dit auparavant, les processus d'identification et de discrimination sont rendus possibles par la présence d'une représentation mentale (ou image mentale). Cette dernière correspond à une représentation symbolique évocatrice des qualités sensorielles d'un objet (ou d'une situation) absent du champ perceptif. Il existe différentes méthodes pour étudier leur nature et leur développement, mais deux seulement seront présentées dans cette introduction générale. Nous examinerons tout d'abord des recherches qui s'intéressent à l'usage de stratégies d'imagerie mentale dans des tâches de mémorisation chez des adultes, puis nous étudierons les représentations mentales à travers les productions graphiques (dessin) produites par les sujets.

4.1. Utilisation de l'imagerie mentale dans des tâches de mémorisation

Un certain nombre d'études montrent que les aveugles peuvent avoir des représentations qui fonctionnent comme les images mentales des voyants. En effet, plusieurs expériences soulignent que

les aveugles congénitaux ont une aussi bonne performance que les voyants dans des tâches qui impliquent le traitement conceptuel d'informations sur des phénomènes visuels. Ainsi, Hans (1974), Kerr (1983) et Zimler et Keenan (1983) révèlent que les performances des aveugles sont meilleures pour des listes de mots à haute imagerie visuelle que pour celles à haute imagerie auditive et qu'il n'y a pas de différence entre les aveugles et les voyants dans le rappel de mots se référant à des objets qui ne peuvent être touchés (arc-en-ciel) ou ayant des attributs visuels (rouge). Par ailleurs, les aveugles comme les voyants se souviennent mieux d'un objet visible (posé sur une table) que d'un objet caché (dans un tiroir) dans une scène imaginée.

Les processus d'imagerie seraient similaires chez les aveugles et les voyants. Jonides, Khan et Rozin (1975) demandent à des voyants et des aveugles de rappeler des paires de mots composées soit de mots concrets à haute imagerie, soit de mots abstraits à faible imagerie. Ils ont trouvé que l'utilisation d'une stratégie d'imagerie améliorerait la mémoire des sujets voyants, comme celle d'aveugles congénitaux. Pour ces auteurs, l'instruction d'imagerie aurait pour effet de former un lien sémantique entre les deux mots. De ce fait, l'effet d'imagerie ne serait pas essentiellement visuel. De Beni et Cornoldi (1985) ont également montré que les aveugles réussissent mieux les tâches de mémorisation lorsqu'ils utilisent une stratégie d'imagerie que quand ils se limitent à une répétition verbale.

Toutefois, les performances de rappel des aveugles sont assez basses pour les mots d'une haute valeur d'imagerie mais inaccessibles (Cornoldi, Calore & Pra Baldi, 1979). Dans cette étude, Cornoldi et coll. demandent à de jeunes adultes voyants et aveugles congénitaux de créer des images interactives dans lesquelles les objets auxquels se réfèrent les mots sont en interaction (par exemple, avec la paire : « cigare-baleine », on peut imaginer « une baleine en train de fumer un cigare »). Les mots pouvaient appartenir à trois catégories différentes: des mots avec une haute valeur d'imagerie (mots concrets avec lesquels les aveugles ont également une expérience, par exemple une balle, une pierre), des mots avec une faible valeur d'imagerie (mots abstraits et difficilement associables à une image aussi bien pour le voyant que pour l'aveugle, par exemple un tigre, une tour), des mots avec une haute valeur d'imagerie mais sans expérience perceptive directe avec ces objets (un volcan par exemple). Les résultats indiquent que les aveugles ont des performances de rappel assez basses pour les mots d'une haute valeur d'imagerie mais inaccessibles. Par ailleurs, la mémorisation d'une grande quantité d'information (mémorisation de triplets) pose également plus de problèmes aux aveugles qu'aux voyants (De Beni & Cornoldi, 1985). Les performances des aveugles sont inférieures à celles des voyants lorsque les triplets évoquent des images visuelles mais ce n'est pas le cas lorsqu'ils font référence à des images auditives (tonnerre, bourdonnement). Dans ce cas, les performances des aveugles sont supérieures à celles des voyants (Tinti, Galati, Vecchi, De Beni & Cornoldi, 1999).

Ces recherches montrent ainsi d'une part que les images mentales ne dépendent pas strictement de la perception visuelle et qu'elles sont liées à des types différents d'informations sensorielles. D'autre part, elles révèlent que les images mentales des aveugles ont les mêmes propriétés que celles des voyants, bien qu'il existe certaines spécificités. Les aveugles, comme les voyants, bénéficient de l'imagerie dans les tâches de mémorisation, mais ils ont plus de difficultés pour les mots avec lesquels ils n'ont aucune expérience perceptive.

4.2. Le dessin chez l'enfant voyant et l'enfant aveugle

Pour de nombreux auteurs, le dessin est révélateur de l'évolution de la représentation mentale de l'enfant. Dans un premier temps, nous aborderons le développement du dessin symbolique chez les enfants voyants, à travers les travaux de Luquet (1927) et de Freeman (1980, 1993). Chez les enfants déficients visuels, il n'existe pas d'études comparables, étudiant l'évolution du dessin symbolique. Ceci constituera d'ailleurs l'un des apports les plus importants de notre propre travail. Nous ferons donc, dans un second temps, une revue des travaux portant sur le dessin chez les enfants déficients visuels à partir de recherches plus ponctuelles.

4.2.1. Développement du dessin symbolique chez les enfants voyants

4.2.1.1. Les travaux de Luquet (1927)

Pour Luquet (1927), la représentation de l'objet dans le dessin n'est pas la reproduction de ce qui est perçu par le dessinateur à la vue de l'objet ou d'un dessin correspondant. Le dessin de mémoire et de copie de l'enfant est la traduction d'un « modèle interne », autrement dit de la représentation mentale qu'il a de cet objet. La constitution d'un modèle interne implique une sélection entre les différents éléments constitutifs de l'objet représenté. L'enfant distingue des éléments essentiels (rôle de substance), des éléments secondaires (éléments accessoires), et il va instituer une hiérarchie entre les différents éléments. L'importance relative attribuée par l'enfant aux divers éléments constitutifs d'un objet dépend de la finalité de ces éléments, c'est-à-dire de leur utilité.

Luquet considère que le dessin de l'enfant a une visée réaliste. Il décrit l'évolution du dessin chez l'enfant vers un réalisme visuel qui implique que l'on dessine uniquement ce que la perception nous donne à voir. Avant d'atteindre ce réalisme visuel, le développement du dessin va passer par trois étapes : le réalisme fortuit, le réalisme manqué et le réalisme intellectuel. Le passage d'un stade à l'autre se fait de manière progressive avec des périodes de stagnation et même parfois de régression. Certains procédés typiques d'un stade peuvent disparaître des dessins mais réapparaître dans des

dessins postérieurs et ce n'est qu'après une période d'oscillations plus ou moins longue qu'ils seront définitivement abandonnés.

Vers 3-4 ans, l'enfant ne dessine pas dans l'intention de représenter un objet particulier. Il produit un tracé sans intention de créer une image. Dans la plupart des cas, l'enfant effectue des traits pour imiter l'adulte. Toutefois, il sait que les traces graphiques ont en général une signification comme il peut le constater dans les illustrations des livres... il va donc arriver un moment où l'enfant va trouver une analogie plus ou moins vague entre un de ses tracés et un objet réel ; il considère alors le tracé comme une représentation de cet objet. L'enfant va chercher à donner une signification à ses tracés produits au hasard. Au début, la ressemblance est fortuite, non voulue. Ce premier stade est appelé réalisme fortuit.

Par la suite, vers 4-5 ans, le dessin de l'enfant devient intentionnel. L'enfant a une intention réaliste mais il n'arrive pas à la mettre en oeuvre. C'est pour cette raison que Luquet considère cette seconde phase comme une phase de « réalisme manqué ». La première cause de cette difficulté provient de la maladresse graphique. En effet, l'enfant ne sait pas encore diriger et limiter ses mouvements graphiques de manière à donner à son tracé l'aspect qu'il voudrait. Par conséquent, un certain nombre de dessins sont incompréhensibles, même après avoir obtenu une explication de la part de l'enfant. Le caractère discontinu de l'attention de l'enfant est également un obstacle à l'intention réaliste de l'enfant. L'enfant doit partager son attention entre les détails de l'objet qu'il veut dessiner et les mouvements graphiques. L'incapacité synthétique de l'enfant va le conduire à produire les détails de l'objet au fur et à mesure qu'il y pense, sans songer à ceux qu'il a déjà tracés. L'ordre des détails correspond au degré d'importance qu'il leur attribue. La représentation successive et discontinue des différents éléments donne des dessins non conformes à la réalité puisque les éléments sont juxtaposés les uns aux autres, sans relation entre eux. Par exemple, dans le dessin d'un bonhomme, les bras peuvent être directement rattachés à sa tête. Cette incapacité synthétique va se manifester dans les proportions des éléments qui ne correspondront pas à celles de ces mêmes éléments dans la réalité. Cela peut être dû à de la maladresse graphique (incapacité à arrêter ses traits au moment voulu), à l'importance que le dessinateur attribue à cet élément, mais aussi à un manque de place sur la papier, ce qui lui fera raccourcir certains traits. Mais la raison la plus constante est que l'enfant ne pense plus aux éléments tracés auparavant lorsqu'il rajoute un nouveau détail. Elle peut également se manifester dans la négligence des relations entre les différents éléments d'un objet (l'enfant peut dessiner les doigts d'un bonhomme qui s'étendent sur toute la longueur du bras et non pas à l'extrémité de celui-ci) ou dans l'orientation de différents éléments (certains détails peuvent avoir une orientation différente de celle du reste).

Entre 5 et 8 ans, les capacités attentionnelles et l'adresse motrice ont permis à l'enfant de surmonter l'incapacité synthétique. Dans cette troisième phase appelée « réalisme intellectuel », l'enfant cherche à donner une représentation de l'objet la plus fidèle et la plus complète de la réalité. Pour cela, le dessin doit contenir tous les éléments réels de l'objet, même s'ils sont invisibles du point de vue d'où il est envisagé. L'enfant va dessiner ce qu'il sait de la réalité des objets et non se limiter à ce qu'il en perçoit. Cela peut le conduire à introduire des éléments concrets invisibles, même des éléments abstraits qui n'ont d'existence que dans l'esprit du dessinateur. Par exemple, un enfant peut représenter le rayon visuel par une ligne joignant l'œil d'un personnage à l'objet qu'il regarde. Le réalisme intellectuel entraîne l'emploi de procédures telles que celles consistant à détacher des détails l'un de l'autre alors qu'ils ne le sont pas dans la réalité (par exemple, dessiner un chapeau au dessus de la tête d'un enfant afin d'éviter de masquer le front), à mettre en évidence les éléments invisibles d'un objet (dessin par transparence). Par exemple, l'enfant va dessiner une mère enceinte avec le bébé à l'intérieur de son ventre. Cette étape est également caractérisée par la production de dessins représentant les objets selon leur angle de vue habituel (dessins canoniques). Le point de vue représenté dans les dessins peut être varié. Certains objets sont figurés en élévation de face (par exemple, les meubles à dossier tels les chaises), d'autres sont représentés en plan (les meubles sans dossier) ou sont figurés par projection sur le sol, comme s'ils étaient vus à vol d'oiseau. L'enfant choisit le point de vue qui lui permet de faire ressortir l'aspect le plus caractéristique de l'objet et le plus grand nombre de ses éléments essentiels. Par conséquent, il est très fréquent que l'enfant mélange plusieurs points de vue dans un même dessin. En effet, Luquet remarque que le plan et l'élévation de face ou de profil se trouvent réunis dans de nombreux dessins. Un autre procédé typique de ce stade est celui de rabattement qui rend une perspective impossible. Cela s'applique en général aux supports des objets (pieds des animaux ou des meubles, roues d'une voiture) qui vont être rabattus de chaque côté du corps de ceux-ci. Ce mode de représentation est exigé par le réalisme intellectuel pour les dessins en plan. Dans ces derniers, le corps des objets va masquer les supports et l'enfant n'aura pas d'autre choix que de les rabattre sur le côté pour pouvoir représenter tous les éléments de l'objet.

Enfin, vers 8-9 ans, l'enfant atteint le stade de « réalisme visuel » et il va y avoir une disparition graduelle des procédés que nous venons de décrire. Ainsi la transparence se substitue à l'opacité, de même le rabattement et le changement de point de vue sont remplacés par la perspective. Par exemple, les bâtiments commencent à être dessinés de $\frac{3}{4}$. On retrouve même des exemples de raccourci. L'enfant va dessiner uniquement ce que la réalité donne à voir du point de vue d'un observateur externe. Bien que le réalisme intellectuel soit recherché, il arrive souvent qu'il ne soit pas atteint et que la perspective soit fautive. Les erreurs de perspective ne peuvent être corrigées que par la pratique du dessin d'après nature. Chez les personnes sans culture graphique spéciale, elles peuvent se prolonger jusqu'à l'âge adulte.

4.2.1.2. Conception de Freeman (1980, 1993)

Dans des études plus récentes, Freeman (1980, 1993) qualifie le dessin « d'instrument public externe de représentation », indiquant par cette expression que la production graphique est le reflet des représentations du dessinateur. De la même façon que Luquet, il considère que l'évolution dans la compétence picturale vient de l'activité représentationnelle plus générale de l'enfant. Il décrit « l'attitude pictoriale » de l'enfant en 4 étapes de développement.

Une attitude dite d'enregistrement caractérise la première étape, observée chez l'enfant de deux ans. Il s'agit d'un stade moteur où les contraintes bio-mécaniques prédominent et affectent la production du mouvement. Ainsi, la trace graphique est indifférenciée du système gestuel et non reconnaissable. Lors de la seconde étape (vers 3-4 ans), l'enfant va constituer son répertoire graphique avec des formes géométriques de base : carrés, rectangles, cercles et formes de types ovoïdes. Dans le dessin de l'enfant de 5-6 ans, les objets et les événements sont représentés au travers de formes plurifonctionnelles qui constituent le répertoire graphique de l'enfant. A ce stade, l'attitude de l'enfant consiste à construire des dessins par agencement de diverses formes géométriques. Freeman qualifie ce stade de stade constructionnel. Par ailleurs, l'enfant aura tendance à dessiner ce qu'il sait de l'objet et non seulement ce qu'il en voit. Cette attitude a également été décrite par Luquet (1927) chez les enfants relevant du stade du réalisme intellectuel. Ce stade se caractérise par des dessins par transparence où l'enfant représente les éléments invisibles d'un objet et par la présence de biais canonique, qui consiste à dessiner des éléments d'un objet qui ne sont pas visibles du point de vue de l'observateur externe. Pour illustrer ce phénomène, nous pouvons faire référence à l'expérience de Freeman et Janikoun (1972), dans laquelle ils demandent à des enfants de dessiner une tasse d'après un modèle qui est positionné de telle sorte que son anse n'est pas visible. A 5 ans, les enfants cherchent à maximiser la reconnaissance de l'objet en dessinant systématiquement l'anse de la tasse. Ainsi, ils privilégient la représentation mentale qu'ils ont de l'objet plutôt que ce que la perception leur donne à voir. Enfin, dans une quatrième étape, les dessins dits constructionnels vont disparaître au profit des dessins en lignes de contour, qui deviennent le mode de représentation privilégié par les enfants âgés de 7 ans et plus. Il s'agit ici du stade du dessin en lignes de contour.

4.2.2. Le dessin chez les déficients visuels

4.2.2.1. Capacité de production de dessins

La production de dessins chez les aveugles est rendue possible à l'aide d'un dispositif permettant de tracer un trait en relief grâce au déplacement d'un stylo sur une feuille spéciale posée sur un support en plastique souple. Néanmoins, la production de dessins est plus difficile chez les aveugles que chez les voyants. En effet, sur le plan perceptif, le contrôle tactile de l'exécution du dessin en cours est bien plus précaire que le contrôle visuel des voyants en raison de l'exiguïté du champ perceptif tactile, du caractère séquentiel de l'appréhension et de la difficulté perceptivo-motrice du suivi des lignes par une main tandis que l'autre dessine. Malgré cela, Kennedy et ses collaborateurs ont trouvé d'étonnantes capacités à dessiner chez les aveugles précoces (1983, 1993, 1997, 2000, 2003 ; Kennedy et coll., 1991 ; Kennedy & Juricevic, 2003, 2006, 2004, 2008). Pour Kennedy (1983), la ligne est l'élément clef de la réalisation d'un dessin car elle permet de représenter les obliques et par la même, la profondeur. Il considère que certaines règles de représentation graphique, telle que la figuration des contours de l'objet plutôt que ses surfaces, sont universelles car elles sont appliquées dans les dessins d'enfants et d'adultes aveugles congénitaux (1983, 1993, 1997, 2000). Par exemple, les aveugles précoces utilisent la ligne, comme les voyants, pour représenter les contours de la tête humaine, en produisant un cercle.

Par ailleurs, Kennedy a montré que les aveugles sont capables de représenter la distance. Kennedy et coll. (1991) demandent à Tracy, une adulte aveugle, de dessiner un cube à trois reprises, en faisant varier la distance qui le sépare d'un autre objet (un bloc en forme de L). Dans les trois dessins, la taille du bloc en « L » est inchangée, tandis que celle du cube diminue avec la distance. Kennedy a également remarqué que des enfants et des adultes aveugles sont capables de représenter la profondeur et la perspective. C'est le cas, entre autre, de Gaia, une aveugle de 12-13 ans, à qui Kennedy (2003) a demandé de dessiner des objets et des scènes impliquant une profondeur à partir d'un point de vue (par exemple, une table du dessous, une voiture devant une autre voiture, deux rangées parallèles de pommes posées en s'éloignant d'elle sur une table). Dans ses dessins, Gaia utilise un système de représentation similaire aux dessins des enfants voyants de 9 à 11 ans, tels que les projections parallèles et les projections inversées. Elle a également dessiné un cube avec le procédé de développement, typique des enfants voyants de 7 ans. De même, une adulte aveugle, Tracy, a été capable de représenter la profondeur et la perspective dans différents dessins (cube, maison, verre) avec des techniques comparables à celles d'enfants voyants de 11-13 ans (Kennedy & Juricevic, 2003, 2008). En effet, bien qu'elle utilisait peu fréquemment les projections parallèles, elle était capable d'utiliser la convergence et le raccourci ensemble, ce qui était également le cas de Esref, un adulte aveugle, lors de dessins d'un cube (Kennedy & Jurivevic, 2006). Il est important de souligner que Gaia, Tracy et Esref avaient une bonne pratique du dessin.

Par ailleurs, Heller et Kennedy (1990) révèlent que l'expérience visuelle antérieure n'est pas indispensable pour la compréhension de différents points de vue. Dans leur étude, ils ont proposé à des aveugles précoces, tardifs et des voyants travaillant sans voir une tâche tactile analogue à celle des trois montagnes de Piaget, où l'on présente trois objets (cube, sphère, cône) disposés en triangle sur une planchette. Après exploration, les sujets devaient les dessiner vus de haut ou de côté. Les performances étaient supérieures au hasard, et le statut visuel n'avait pas d'effet. Néanmoins, les aveugles précoces ont mis deux fois plus de temps pour appréhender la perspective.

Enfin, Kennedy (1993) rapporte que les aveugles sont capables de représenter le mouvement dans leurs dessins. En effet, certains aveugles effectuent des distorsions délibérées de la forme pour représenter le mouvement. Par exemple, les rayons de la roue d'un véhicule sont dessinés avec un changement de forme lorsqu'elles passent d'un état statique à un état dynamique. De plus, Kennedy et Merkas (2000) montrent que les dessins réalisés par des aveugles représentant différentes sortes de mouvements peuvent être compris par des personnes voyantes.

4.2.2.2. Facteurs de développement du dessin

L'ensemble des résultats issus des recherches de Kennedy et ses collaborateurs présentés précédemment, suggère que le développement des dessins chez les aveugles et les voyants pourrait être relativement similaire car le toucher permet d'accéder aux mêmes principes spatiaux que la vision. Millar (1975) a cherché à savoir si le développement du dessin dépendait de l'expérience visuelle ou des connaissances de règles de traduction graphique de l'objet. Elle a comparé les performances de dessin du bonhomme chez des enfants aveugles et voyants (dans une condition avec vision et dans une condition sans vision). Les résultats montrent que les erreurs de positionnement du bonhomme par rapport à la feuille sont rares chez les enfants voyants avec ou sans contrôle visuel. En revanche, les aveugles font beaucoup d'erreurs de positionnement (positionnement inversés ou horizontaux) à tous les âges (53%). Les enfants aveugles de 6 et 8 ans ont également de moins bonnes performances de dessin (nombre de parties principales du corps, cohésion entre les parties, nombre de détails et reconnaissabilité des dessins) que les enfants voyants. En revanche, les performances des aveugles de 10 ans ne diffèrent pas de celles des voyants de 10 ans, mais leurs dessins ont une moins grande quantité de détails. Chez les enfants voyants, la présence de feed-back visuels a un effet important sur le nombre de détails, la cohésion et la reconnaissabilité, mais pas sur les schémas corporels utilisés. En effet, chaque enfant a utilisé les mêmes schémas pour le personnage dans les deux conditions avec ou sans vision, mais les parties étaient moins bien alignées et les sujets omettaient plus de détails lorsque seuls les feedback tactiles étaient disponibles. Millar conclut de cette étude que le développement du dessin dépend de l'apprentissage de règles de traduction pour lesquelles l'expérience visuelle peut être facilitatrice mais pas indispensable.

D'Angiulli et ses collaborateurs (D'Angiulli & Maggi, 2003; D'Angiulli, Miller & Callaghan, 2008) pensent au contraire que le développement du dessin ne dépend pas de l'apprentissage des conventions et de règles graphiques. Sur une période de 9 mois, D'Angiulli et Maggi (2003) ont étudié le développement spontané du dessin chez trois enfants aveugles congénitaux de 12 ans qui n'avaient pas bénéficié de cours de dessin au préalable. Les enfants ont dessiné spontanément les contours pour représenter les bords des objets et la fréquence des dessins en lignes de contour a augmenté au cours des 9 mois. Ils ont également représenté différents points de vue et le mouvement dans leurs dessins. Certains dessins comprenaient même de la perspective (5%). Cette étude indique le développement du dessin ne dépend pas de l'apprentissage de conventions picturales puisque les aveugles ont représenté des principes perceptifs similaires à ceux trouvés chez les enfants voyants, sans avoir bénéficié de cours de dessin. Il serait davantage lié aux connaissances de principes perceptifs et spatiaux par les enfants. Pour les auteurs, cela montre d'une part que certains principes de base seraient intermodaux (contour, points de vue privilégiés, mouvement), et d'autre part que la plasticité cérébrale permettrait aux enfants aveugles de mettre à contribution une partie de leur cortex visuel pour renforcer leurs processus de sensibilité tactile afin que leur perception par le toucher apporte le même genre d'informations spatiales que la perception visuelle. Dans une autre étude, D'Angiulli et coll. (2008) ont demandé à trois enfants aveugles congénitaux de faire des dessins pendant une période de neuf mois. Sans cours de dessin, ils ont dessiné des objets tels qu'une voiture, des humains, des arbres et des fleurs. Au cours des neuf mois, le nombre et de la complexité des principes graphiques (tels que le mouvement, la profondeur, le contour par exemple) ont augmenté et la structure des tracés (gribouillage, cercle, ligne droite ou courbé, jonction des lignes...) s'est également améliorée, sans que les enfants aient eu recours à des modèles.

4.2.2.3. Difficultés de production de dessin

Bien que les aveugles manifestent des capacités certaines à dessiner, leurs performances de dessin sont toutefois plus faibles que celles des voyants (Millar, 1975). Il faut souligner que seulement 39% des dessins du corpus de l'étude de D'Angiulli et Maggi (2003) ont pu être reconnus sans connaissance des titres assignés par les enfants. De plus, certaines expériences mettent en évidence des difficultés dans la production de perspective chez les aveugles. C'est ce que montre l'expérience d'Heller et coll. (1995) dans laquelle des adultes aveugles précoces, aveugles tardifs et des voyants travaillant sans voir devaient réaliser un dessin d'un modèle d'une maison en 3D. Les résultats montrent que quelques dessins réalisés par les aveugles comportaient des vues en raccourci. Cependant, les aveugles précoces préféraient représenter tous les côtés d'un objet par l'utilisation de la technique de « développement » (= dessin en patron), ce système de représentation étant plus cohérent avec les expériences du système haptique (Hatwell, 2003). Les aveugles tardifs dessinaient plus souvent des vues de côté, tandis que certains voyants produisaient de la perspective. Dans une autre étude, Heller et coll. (1996) présentent

à des adultes aveugles précoces et tardifs un panneau rectangulaire vertical pouvant pivoter vers l'avant ou l'arrière sur son arête horizontale supérieure. Après avoir exploré et dessiné en relief le panneau fixé à 90°, les sujets explorent ce panneau incliné à différentes orientations et le dessinent tel qu'il apparaîtrait à un voyant assis à leur place. Beaucoup d'aveugles précoces ont reproduit un rectangle, quelle que soit l'inclinaison du panneau, alors que les aveugles tardifs et les voyants ont appliqué (plus ou moins bien) les lois de la perspective. Heller (2002) a repris cette expérience et a trouvé les mêmes résultats. Heller, Brackett, Scroggs, Steffen, Heatherly et Salik (2002) examinent chez des aveugles précoces, des aveugles tardifs, des malvoyants et des voyants travaillant sans voir, la production de dessins d'un objet tridimensionnel composé de deux planchettes de bois collées par un bord et formant un angle aigu, droit ou obtus. Les malvoyants ont des résultats supérieurs à tous les autres groupes, qui ne se différencient pas entre eux.

5. Présentation de notre problématique de travail

Comme le montre la littérature rapportée précédemment, les études portant sur la perception haptique et le dessin sont moins nombreuses chez les enfants que chez les adultes. Aucune étude n'a jusqu'à présent mis en relation les procédures exploratoires utilisées par l'enfant avec ses performances en dessin. Le dessin produit suite à des explorations haptiques n'a pratiquement jamais été analysée dans ses aspects syntaxiques. De plus, la plupart des recherches portant sur le développement du dessin chez les enfants aveugles sont réalisées sur un nombre restreint d'enfants, limitant la généralisation des résultats. Aucune relation avec le langage produit par ces enfants à propos des objets dessinés n'a été établie. Cette thèse propose d'aborder ces différents points laissés ouverts dans la littérature actuelle. Deux axes ont été étudiés : l'étude des représentations graphiques à partir d'une exploration haptique ou visuelle de forme inconnues et l'étude des représentations graphiques et des descriptions verbales d'objets familiers.

5.1. Etude des représentations graphiques à partir d'une exploration haptique ou visuelle de forme inconnues

Le premier axe concerne l'étude des représentations graphiques que des enfants peuvent créer à partir de leur seule exploration haptique de formes géométriques non familières en 2D et de les comparer à celles issues d'une exploration visuelle. Les formes bidimensionnelles que nous avons utilisées sont des formes pleines car de précédentes recherches ont montré qu'elles conduisaient à de meilleures performances que les formes en lignes de contour (Russier, 2000 ; Thompson et al., 2003) et que les formes creuses (Gentaz, en cours).

Les deux premières expériences effectuées dans ce cadre sont réalisées chez des enfants voyants, âgés de 4 à 10 ans, travaillant avec ou sans vision, dans une condition de dessin différé par rapport à l'exploration (Expérience 1) ou dans une condition de dessin avec le modèle disponible (Expérience 2). Dans la première expérience, la tâche des enfants consistait à explorer tactilement ou visuellement une forme puis à la dessiner une fois la forme retirée. Dans la seconde expérience, la procédure était quelque peu différente puisque la forme restait disponible à l'enfant, permettant ainsi à l'enfant d'explorer la forme et de la dessiner simultanément ou de dessiner et revenir sur la forme autant de fois qu'il le désirait. La troisième expérience a été effectuée chez des enfants aveugles précoces et malvoyants (sans troubles associés), âgés de 6 à 13 ans. Une condition de dessin différé par rapport à l'exploration a été retenue, afin de faciliter la production de dessins chez les enfants aveugles. Ainsi, les enfants devaient tout d'abord explorer haptiquement une forme, puis la dessiner. Trois types d'analyse ont été conduits et chacun d'eux fait l'objet d'un chapitre expérimental. Le développement avec l'âge et l'influence du statut visuel ont été étudiés dans ces 3 chapitres. Chez les enfants voyants, une comparaison des performances en fonction de la condition de dessin (avec ou sans modèle) a également été réalisée.

Le chapitre 1 est consacré à l'exploration manuelle chez les enfants voyants (Expériences 1 et 2) et déficients visuels (Expérience 3). L'étude de l'exploration manuelle est importante car elle joue un rôle essentiel dans la construction des représentations. D'Angiulli et Kennedy (2001) ont en effet montré le rôle d'une exploration guidée (donc appropriée à la tâche) lors d'une tâche similaire à la nôtre. Dans leur expérience, ils ont demandé à des enfants voyants travaillant sans voir et des enfants aveugles de dessiner des formes bidimensionnelles d'objets familiers après une exploration tactile. Les résultats révèlent que les enfants voyants travaillant sans voir qui n'avaient pas été guidés pour l'exploration avaient de moins bonnes performances que les autres enfants. En revanche, lorsque les enfants voyants avaient bénéficié de conseils pour l'exploration, ils parvenaient à d'aussi bonnes performances que les enfants aveugles. L'objectif de ce chapitre est d'étudier, chez les enfants voyants et déficients visuels, l'évolution avec l'âge de la qualité de l'exploration et la hiérarchie des procédures exploratoires utilisées lorsque des informations pertinentes leur ont été apportées quant à la manière de réaliser la tâche. En effet, dans les Expériences 1 et 2, l'expérimentateur montrait à l'enfant voyant comment utiliser les procédures de suivi de contour et d'enveloppement afin de maximiser sa performance ultérieure.

Les chapitres 2 et 3 portent sur l'analyse des dessins produits par les enfants. L'activité graphique peut être étudiée à différents niveaux d'analyse, correspondant à différents niveaux de contrôle du mouvement : cinématique (dynamique du mouvement dans l'espace et le temps), syntaxique (comment s'organisent les mouvements graphiques lors de la production de dessin) et symbolique (ce

qui est représenté). Dans cette thèse, nous nous intéresserons au développement des aspects syntaxiques et symboliques du dessin.

Ainsi, le développement des aspects syntaxiques du dessin chez les enfants voyants (Expériences 1 et 2) et déficients visuels (Expérience 3) est étudié dans le chapitre 2. Le niveau syntaxique est intéressant car il constitue une interface entre les contraintes de bas niveau (biomécanique) et celles de haut niveau (cognitives, représentationnelles). Dans nos expériences, nous nous sommes intéressées plus spécifiquement à un niveau d'organisation locale, c'est-à-dire à la manière dont chaque segment est tracé (continuité du mouvement et respect des règles de départ en haut et à gauche). L'objectif général de ce chapitre est de savoir si le statut visuel a un effet sur la réalisation des dessins ou si cette dernière est gérée par un mécanisme amodal. Nous examinerons donc si le développement syntaxique chez les enfants voyants est influencé par les modalités d'exploration (tactile et visuelle) et les conditions de dessin (avec ou sans modèle) et nous vérifierons si la même évolution est présente chez les voyants et les déficients visuels.

Le chapitre 3 examine le « produit » fini, c'est-à-dire le dessin réalisé à partir d'une exploration visuelle ou tactile de formes géométriques bidimensionnelles par des enfants voyants (Expériences 1 et 2) et déficients visuels (Expérience 3). L'intérêt de ce chapitre est d'aborder les images mentales que les enfants peuvent construire de formes non familières et de mettre en relation les types d'exploration manuelle avec les performances de dessin. A l'instar de Kennedy (1997 ; Kennedy et al., 1991) qui suggère que la capacité d'interpréter les fonctions des bords de la surface (contour) est présente même quand il n'y a pas de signaux visuels, nous nous attendons à ce que les enfants voyants explorant tactilement les formes et les enfants déficients visuels soient capables d'élaborer une représentation de ces formes. La modalité tactile devrait donc permettre d'atteindre des performances de dessin non négligeables chez ces enfants. Néanmoins, leurs performances devraient être inférieures à celles des enfants voyants travaillant avec la vision.

5.2. Etude des représentations graphiques et des descriptions verbales d'objets familiers par l'enfant déficient visuel.

Le second axe est plus écologique d'une certaine façon et il est également orienté vers une perspective pédagogique. Pendant très longtemps, et même après la généralisation de l'écriture braille pour les aveugles, les livres en braille ont été dépourvus de toute illustration car, jusqu'au début des années 1960, on ne disposait pas de moyens matériels simples et à bas prix pour produire des lignes et des surfaces en relief. Les livres étaient donc peu attractifs pour les jeunes. Il existe maintenant des machines qui permettent d'emboîser des dessins en relief. Ce progrès technique explique pourquoi, depuis plus d'une vingtaine d'années, des illustrations par cartes, dessins ou diagrammes en relief ont

été introduites dans le matériel pédagogique pour aveugles. L'intérêt pédagogique des illustrations dans les livres en braille a largement été démontré. Ainsi, Pring et Rusted (1985) suggèrent que les aveugles peuvent tirer bénéfice d'illustrations accompagnant un texte. Dans leur recherche, ils ont demandé à des aveugles précoces (personnes ayant complètement perdu la vue avant 6 mois ou 1 an) et tardifs (personnes ayant perdu la vue après 3 ans) de 14 ans de retenir un texte dont certains passages sont illustrés de dessins. Il apparaît que les passages illustrés sont mieux retenus que les autres par les deux groupes, mais le bénéfice est plus important pour les aveugles tardifs. Par ailleurs, les pratiques pédagogiques montrent également que les aveugles tardifs et les malvoyants peuvent tirer un plus grand bénéfice de l'utilisation des illustrations dans les livres que les aveugles précoces qui n'ont jamais bénéficié d'une expérience visuelle.

Les praticiens et les parents se sont aperçus que l'utilisation des illustrations est toutefois difficile, plus particulièrement pour les enfants. Il est donc nécessaire de se demander si ces représentations bidimensionnelles sont utilisables par les aveugles. Est-il vraiment pertinent d'offrir à des enfants aveugles des images visuelles traduites en relief ? En effet, les images tactiles proposées dans les livres pour les enfants déficients visuels sont créées à partir de représentations canoniques de personnes voyantes, correspondant à la représentation de l'objet par une perception visuelle. Kennedy et Bai (2002) ont montré que le degré d'adéquation entre le référent et le dessin influence la probabilité d'identification correcte d'un dessin tactile. On peut alors se demander si la manière de représenter les objets dans les images tactiles représente au mieux ces objets et de façon appropriée pour permettre à un aveugle précoce de comprendre les images. En effet, comme nous l'avons vu dans l'introduction générale, les aveugles appréhendent leur environnement différemment des voyants. L'un de nos objectifs est d'apporter des éléments qui permettront d'améliorer les images tactiles des livres proposés aux enfants déficients visuels. A cette fin, une collecte de dessins et des descriptions verbales concernant des objets pouvant être représentés dans les livres pour enfants ont été réalisées chez des enfants déficients visuels et voyants, âgés entre 6 et 14 ans (Expérience 4). Cette expérience sera présentée dans le dernier chapitre expérimental. Au-delà de son utilité à des fins pédagogiques, on notera que nous avons réalisé ici la première recherche portant sur le dessin d'enfants déficients visuels incluant un nombre conséquent d'enfants d'âges différents et présentant des niveaux de déficience visuelle variés. Cette étude a été permise grâce à la collaboration active de nombreuses institutions pour enfants aveugles et malvoyants en France, en Europe et hors Europe également. Nous nous intéresserons, d'une part, aux représentations élaborées d'objets familiers par des enfants voyants, malvoyants et aveugles afin de mettre en évidence les similitudes et les différences entre elles. D'autre part, nous étudierons le développement du dessin à travers ses aspects symboliques et syntaxiques. Nous chercherons à savoir si le statut visuel influence le développement du dessin d'objets familiers et à déterminer quels facteurs agissent sur les performances de dessin chez les enfants aveugles.

La problématique spécifique à chaque expérience est présentée plus en détails dans une introduction propre à chacune d'entre elles.

Afin de donner une vision d'ensemble du lien entre expériences et chapitres de thèse, le Tableau 2 présente chaque expérience avec le ou les chapitre(s) qui lui est/sont associé(s)

Tableau 2 : Présentation des différentes expériences et des chapitres associés.

Expérience	Chapitre	Objet du chapitre
Expérience 1 : Développement des représentations graphiques élaborées par des <u>enfants voyants</u> , à partir d'une exploration visuelle ou tactile de formes, dans une condition de <u>dessin différé par rapport à l'exploration</u> . (N = 120)	Chapitre 1	Etude de l'exploration manuelle
	Chapitre 2	Etude de la syntaxe du dessin
	Chapitre 3	Etude du dessin fini
Expérience 2 : Développement des représentations graphiques élaborées par des <u>enfants voyants</u> à partir d'une exploration visuelle ou tactile de formes, dans une condition où le <u>modèle est disponible lors du dessin</u> . (N = 120)	Chapitre 1	Etude de l'exploration manuelle
	Chapitre 2	Etude de la syntaxe du dessin
	Chapitre 3	Etude du dessin fini
Expérience 3 : Développement des représentations graphiques élaborées par des <u>enfants malvoyants et aveugles</u> à partir d'une exploration tactile de formes, dans une condition de <u>dessin différé par rapport à l'exploration</u> . (N = 38 malvoyants/aveugles)	Chapitre 1	Etude de l'exploration manuelle
	Chapitre 2	Etude de la syntaxe du dessin
	Chapitre 3	Etude du dessin fini
Expérience 4 : Développement des productions graphiques et des représentations mentales d'objets familiers chez des enfants déficients visuels et voyants. (N = 64 malvoyants/aveugles)	Chapitre 4	-Etude des descriptions verbales -Etude de la syntaxe du dessin -Etude du dessin fini

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 : Etude des explorations haptiques

INTRODUCTION

Ce chapitre s'intéresse à l'exploration manuelle de formes géométriques planes dans le cadre d'une tâche de dessin chez des enfants voyants et des enfants déficients visuels.

1. Exploration manuelle chez les enfants voyants

L'exploration manuelle sera étudiée tout d'abord dans des tâches de localisation puis de perception de formes, et enfin, dans une tâche de perception de grandeurs.

1.1. Exploration manuelle dans une tâche de localisation

Hatwell et coll. (1973) ont étudié les caractéristiques de l'exploration tactile d'un ensemble d'objets dispersés sur un plan horizontal chez des enfants voyants travaillant sans voir, âgés de 4 à 9 ans. La tâche des enfants consistait à détecter tactilement des cubes mobiles parmi un ensemble de 12 cubes mobiles et non mobiles disposés sur une planche selon une configuration spatiale non structurée. Pour cela, les enfants devaient manipuler un à un les cubes. Les chercheurs se sont intéressés au parcours des mains de l'enfant et ont montré que la zone explorée était assez petite et augmentait vers 7-9 ans. L'activité de recherche à l'intérieur de cette zone avait également tendance à augmenter avec l'âge mais restait de type monomanuelle. L'exploration se déroulait préférentiellement dans la région la plus proche du corps. A tous les âges, le point de départ de l'exploration était situé sur la première ligne. Les jeunes enfants limitaient ensuite leur exploration aux points proximaux tandis que les enfants plus âgés étendaient leur geste plus loin de leur corps. Le parcours des mains était le plus souvent chaotique (parcours d'un cube à l'autre apparemment au hasard) mais une semi-organisation apparaissait vers 9 ans. Néanmoins, même à cet âge, les enfants n'avaient pas de points de repères lors de leur exploration. Pour les auteurs, la planification réelle de l'exploration tactile est tardive (pas avant 9 ans) parce qu'elle nécessite la construction de l'espace euclidien et, plus particulièrement, d'un système de coordonnées à deux dimensions.

1.2. Exploration manuelle dans une tâche de perception de formes

Piaget et Inhelder (1947) ont observé l'évolution de l'exploration manuelle spontanée chez des enfants travaillant sans voir et ont montré que l'exploration des jeunes enfants est partielle, peu active, stéréotypée et inadaptée à la tâche. En effet, à 2-3 ans, les enfants utilisent la paume des mains plutôt

que les doigts, avec une exploration relativement passive. La main des enfants demeure souvent immobile sur l'objet et il y a une prédominance des « actions pratiques » sur l'objet (presser, rouler, cogner...). Ainsi, les enfants saisissent simplement les objets avec les deux mains en général, les palpent, les retournent. On relève également des frottements latéraux, mais cette procédure n'est pas optimale lors d'une tâche de reconnaissance de formes. A ces âges, l'enfant s'en tient aux premières concentrations fortuites, sans décentration, c'est-à-dire sans exploration réelle. On observe, avec l'âge, une amélioration de l'exploration qui devient plus active entre 4 et 7 ans. En effet, l'exploration digitale des contours apparaît vers 4-5 ans, mais elle est encore partielle et incomplète. La paume est encore fortement impliquée dans la palpation. Ce n'est que vers 5-6 ans que l'exploration des contours devient systématique. Entre 4 et 7 ans, l'exploration est d'abord globale (saisir l'objet par ses deux extrémités et établir entre elles quelques rapports d'ensemble), puis ponctuée par une analyse d'indices particuliers (angles...). Toutefois, l'enfant explore de façon incomplète, sans système (l'exploration se fait en avant, dans une même direction, sans retour en arrière) et n'est pas capable de réaliser une synthèse méthodique des données perçues. Ce n'est qu'à partir de 7 ans que l'exploration devient méthodique et dirigée par une méthode opératoire. Cette dernière consiste à grouper les éléments perçus en fonction d'un plan d'ensemble et à partir d'un point de repère fixe auquel il est possible de revenir, permettant ainsi la reconstruction des formes mais aussi leur reconnaissance et leur représentation. Piaget interprète ces changements dans l'activité tactile comme le résultat du développement cognitif de l'enfant et, en particulier, des opérations réversibles qui permettent à l'enfant de revenir vers un point de référence lors de l'exploration. Cette évolution de l'exploration tactile des formes par les jeunes enfants a été confirmée par Zaporozhets (1965).

Hatwell et coll. (1990) rapportent également une amélioration de l'exploration haptique entre 5 et 9 ans, avec une augmentation de la vitesse de traitement haptique. Pour ces auteurs, celle-ci serait due, en partie, à une amélioration de la qualité des stratégies d'exploration. En effet, entre 7 et 9 ans, les enfants ont tendance à concentrer leurs actions d'exploration sur une information haptique qui est pertinente à la tâche d'identification en ignorant des traits sans rapport (par exemple, prendre en compte seulement des aspects de l'objets qui sont exigés pour faire un jugement). Ce qui n'est pas le cas chez les enfants de moins de 7 ans qui ont moins tendance à se focaliser sur les stratégies de recherche manuelle et utilisent des procédures moins pertinentes que les enfants plus âgés et les adultes (Berger & Hatwell, 1995). Dans leur recherche, Berger et Hatwell ont demandé à des enfants de 5 et 9 ans et des adultes d'effectuer une tâche de classification haptique libre de cubes variant sur deux dimensions : la dureté et la texture. Elles ont montré que les enfants, surtout ceux de 5 ans, utilisent des stratégies exploratoires plus globales et non spécialisées, telle que l'enveloppement/pression qui consiste à entourer l'objet avec la main entière et à presser dans un même mouvement toutes les faces de l'objet. A l'inverse, les adultes utilisent des stratégies plus analytiques avec des mouvements exploratoires plus spécialisés, tel que le frottement latéral.

Comme nous venons de le voir, le facteur « développement » est primordial pour une utilisation optimale du système tactilo-kinesthésique. D'autres facteurs peuvent influencer l'exploration d'un objet. Alexander, Johnson et Schreiber (2002) ont en effet montré, chez des enfants voyants de 4 à 9 ans travaillant sans voir, que les connaissances dans un domaine spécifique ont une influence sur les stratégies d'exploration lors d'une tâche de comparaison d'espèces de dinosaures à un niveau sous-ordonné. Contrairement aux enfants ayant un faible niveau de connaissance relatif aux objets de l'étude, les enfants avec un niveau de connaissance élevé recourraient à des stratégies de vérification d'hypothèses et recherchaient directement des attributs diagnostiques de l'objet, en ignorant les traits non pertinents pour faire leur jugement.

1.3. Exploration manuelle lors d'une tâche de perception des grandeurs

Abravanel (1968) s'est intéressé à la perception de différents types de grandeurs (longueurs continues ou discontinues, diamètres) chez des enfants âgés de 3 à 14 ans. Comme Piaget et Inhelder, il montre que l'exploration des jeunes enfants est inadaptée à la tâche et peu active : la main se ferme sur l'objet et s'immobilise sur lui ou n'en palpe qu'une partie, ou se limite à quelques mouvements globaux superficiels. De ce fait, l'évaluation de la longueur, qui demande une prise digitale, est moins réussie à 3-5 ans que l'évaluation du diamètre d'un cylindre que l'enfant peut saisir dans sa main. L'écartement entre deux ou plusieurs doigts est épisodique et grossière à 4-5 ans, plus fréquente à 8-9 ans, et systématique à 12-14 ans. Chez les jeunes enfants, Abravanel montre que les mouvements des doigts sont parfois dirigés en direction transverse sur des portions d'espace non pertinents par rapport à la question posée. L'étude de Cirillo, Wapner et Rander (1967) confirme que l'exploration manuelle des enfants n'est pas adaptée à la tâche. Ils ont présenté à des enfants de 8 et 10 ans et à des adultes deux baguettes accolées formant un angle. Une consigne demandait d'indiquer la branche la plus longue de l'angle et une autre le type d'angle (obtus ou aigu). L'exploration des enfants n'était pas modifiée par la consigne, contrairement à celle des adultes qui se concentrait seulement sur l'angle ou les baguettes en fonction de la tâche.

2. Exploration manuelle chez les enfants déficients visuels

2.1. Exploration manuelle lors d'une tâche de localisation

Avec une tâche de localisation spatiale, Ungar et coll. (1995) ont analysé quels sont les cadres de référence sur lesquels se basent les enfants déficients. Ils ont demandé à des enfants aveugles congénitaux et malvoyants de 7 et 10 ans d'explorer une configuration d'objets placés dans une boîte et de la reproduire. Les jeunes enfants malvoyants utilisent uniquement la vision (aucune utilisation

des mains), tandis que les plus âgés y associent également, dans une moindre mesure, une stratégie d'exploration tactile exocentrée. Celle-ci vise à établir la position des objets les uns par rapport aux autres, mais aussi par rapport au cadre de référence (la boîte). De la même façon, les enfants aveugles de 10 ans emploient davantage de stratégies d'exploration tactile exocentrées qu'égocentrées. On observe deux types de stratégies exocentrées, l'une permettant de connaître le positionnement des objets les uns par rapport aux autres sans les situer par rapport au cadre de référence, et l'autre, révélant la position des objets les uns par rapport aux autres et par rapport au cadre de référence. En revanche, la stratégie majoritairement utilisée par les enfants aveugles de 7 ans est égocentrée, c'est-à-dire qu'ils touchent ou pointent chaque objet à tour de rôle (souvent à plusieurs reprises) de manière à apprendre la position des formes, mais sans tenir compte d'un système de référence autre que celui relatif à leur propre corps.

2.2. Exploration manuelle lors d'une tâche de perception de formes

Landau (1991) a étudié l'exploration haptique d'objets variant soit au niveau de la forme, soit au niveau de la texture chez de jeunes enfants aveugles congénitaux et voyants âgés de 1 an ½ à 3 ans. Elle a montré que les enfants aveugles, comme les enfants voyants, explorent activement les objets avec leurs mains et réagissent à la nouveauté par un accroissement du temps d'exploration lorsque la texture ou la forme de l'objet change. Les aveugles présentent des patterns d'exploration spécifiques au type de propriétés de l'objet, similaires à ceux des enfants voyants : ils palpent la surface quand ils découvrent de nouvelles textures et font tourner l'objet quand ils découvrent une nouvelle forme. Malgré ces similitudes, quelques différences sont mises en évidence. Les enfants aveugles mettent plus de temps que les enfants voyants pour s'habituer à un critère (forme ou texture). De plus, les enfants aveugles palpent et portent plus souvent les objets que les voyants, et manipulent moins fréquemment les parties mobiles de l'objet.

Plusieurs recherches (Berla, 1972, 1974 ; Berla & Murr, 1972) rapportent de faibles performances de discrimination de formes tactiles chez des enfants aveugles âgés de 6 à 12 ans. En effet, beaucoup d'enfants n'explorent pas entièrement la forme et n'ont pas de méthode systématique pour l'exploration des formes. Seulement quelques enfants réalisent un suivi de contour de la forme entière, mais sans point de référence indiquant le début et la fin du mouvement d'exploration. Entre 4 et 7 ans, une augmentation de l'activité d'exploration est observée chez les aveugles congénitaux (Simpkins, 1979). Aucune différence n'est apparue entre ces derniers et les enfants voyants.

Morrongiello et coll. (1994) n'ont montré aucune différence entre les enfants voyants et aveugles, âgés de 3 à 8 ans, en ce qui concerne l'adéquation de l'exploration dans une tâche d'identification d'objets

usuels. Ainsi, l'exploration des parties critiques de l'objet est faible à 3-4 ans, augmente à 5-6 ans et reste stable à 7-8 ans. Les enfants âgés de 6 ans et moins se limitent à une exploration globale alors que ceux de 8 ans utilisent, en plus, une exploration locale.

2.3. Effet d'apprentissage d'une stratégie d'exploration chez des enfants aveugles

L'effet d'apprentissage d'une stratégie d'exploration chez des enfants aveugles a été étudié par Berlà et ses collaborateurs. Berlà et Butterfield (1977) ont montré, chez des enfants de 6 à 17 ans, qu'un entraînement centré sur les parties critiques de l'objet à explorer permettait d'améliorer les performances (par rapport aux enfants n'ayant bénéficié d'aucun entraînement). L'entraînement proposé aux enfants comprenait trois étapes. Dans un premier temps, les enfants devaient suivre le contour d'une forme avec l'index de leur main dominante tandis que l'index de l'autre main était utilisé comme point de référence pour le début et la fin du mouvement d'exploration. Puis, les enfants devaient réaliser à nouveau le suivi de contour et choisir trois traits distinctifs de la forme (partie proéminente, courbée, pointue...). Enfin, ils devaient retrouver la forme explorée parmi d'autres et montrer, sur la forme, les trois parties saillantes qu'ils avaient choisies auparavant. Berlà et Butterfield ont établi, dans une première expérience, que l'entraînement améliore les performances de reconnaissance de la forme. Dans une seconde expérience, ils se sont intéressés à la localisation d'une forme sur une carte tactile. Ils rapportent une augmentation du nombre de formes localisées ainsi qu'une diminution du temps de localisation entre le pré-test et le test, uniquement dans le groupe ayant réalisé un entraînement.

D'autres méthodes d'exploration ont permis l'amélioration des performances de discrimination. C'est le cas notamment d'un entraînement avec une technique d'exploration verticale. Cette méthode consiste à commencer l'exploration dans l'un des coins supérieurs du dispositif et descendre en bas du dispositif en gardant les mains l'une à côté de l'autre. Après avoir atteint le bas du dispositif, l'enfant doit replacer ses mains là où il a débuté son exploration puis les déplacer un peu pour explorer une nouvelle partie du dispositif et ainsi de suite. Berlà et Murr (1974) ont montré un bénéfice de cet entraînement chez des enfants aveugles âgés de 11 à 19 ans pour la détection de symboles sur des cartes.

Toutefois, une étude de Berlà (1981) ne concorde pas tout à fait avec les études précédentes. Elle montre, en effet, que l'apprentissage d'une stratégie est bénéfique chez les jeunes enfants mais perturbe les enfants plus âgés qui ont déjà construit leur propre mode d'exploration. Dans cette expérience, les enfants devaient explorer un dispositif tactile comprenant neuf symboles amovibles. Après exploration, les neuf symboles ont été enlevés et les enfants devaient les replacer correctement. Dans un premier groupe, les enfants étaient entraînés à explorer un dispositif tactile en utilisant une

technique de recherche verticale et dans un second groupe, les enfants ne recevaient aucun entraînement. Les résultats ont montré un avantage de l'apprentissage d'une stratégie d'exploration chez des enfants de 11 ans mais pas chez ceux de 15 ans.

3. Présentation de la problématique

Dans une première partie, nous étudierons l'exploration manuelle d'enfants voyants âgés de 4 à 10 ans, dans une condition où l'exploration et le dessin sont réalisés en différé (Expérience 1) et dans une condition avec modèle disponible où l'enfant a la possibilité de toucher la forme lors de la réalisation de son dessin (Expérience 2). Comme l'indiquent les recherches précédemment décrites, le traitement de la forme exige des procédures exploratoires élaborées qui ne sont pas encore maîtrisées par les jeunes enfants voyants. D'Angiulli et coll. (1998) et D'Angiulli et Kennedy (2001) ont mis en évidence le rôle de l'exploration sur les performances d'identification d'images tactiles d'objets familiers utilisées par Heller (1989). Une exploration guidée par l'expérimentateur permet d'acquérir plus efficacement des informations tactiles exploitables en terme d'identification et de reconnaissance d'objets. Des études antérieures (Lederman & Klatzky, 1987, 1993) ont révélé que la forme de l'objet pouvait être grossièrement extraite par la procédure d'enveloppement. Cette stratégie exploratoire est rapide à exécuter mais apporte uniquement des informations de bas niveau. Pour déterminer la forme précise, il est nécessaire d'utiliser la stratégie de suivi de contour. Ainsi, pour faciliter l'exploration du matériel et le traitement de la forme, nous avons décidé de montrer à l'enfant comment exécuter les stratégies d'enveloppement de la forme globale et de formes locales, ainsi que la stratégie de suivi de contour avant qu'il n'exécute la tâche demandée. Nous avons de la sorte choisi de diminuer l'impact que peut avoir l'insuffisance des stratégies exploratoires utilisées par l'enfant voyant sur la qualité de son dessin. Ce choix différencie grandement notre approche de celle de Piaget et Inhelder (1947). Nous cherchons à étudier la manière dont l'enfant peut construire une image mentale de formes explorées en diminuant son handicap lié à une non familiarité avec les procédures d'exploration haptique. Nous nous attendons à ce que l'exploration soit dynamique et appropriée à la tâche dès 4 ans. Ainsi, le suivi de contour et l'enveloppement devraient être fréquemment utilisés par les enfants dès 4 ans, dans les deux conditions. Conformément à l'étude de Berger et Hatwell (1995) et d'Hatwell et al. (1990), une amélioration avec l'âge de la qualité de l'exploration devrait tout de même être observée, avec une augmentation des explorations complètes de la forme, des explorations bimanuelles et du nombre de stratégies différentes utilisées. Fournir à l'enfant les deux stratégies optimales (suivi de contour et enveloppement) ne signifie effectivement pas qu'il saura les utiliser à bon escient (on verra ce point en chapitre 3), ni qu'il ne complètera pas son exploration par d'autres stratégies non démontrées par l'expérimentateur. On s'attend à ce que les enfants utilisent davantage les stratégies d'enveloppement de formes locales et de pince avec l'âge, conformément à l'étude de

Morrongiello et coll. (1994) qui révèle une exploration de parties critiques de l'objet plus importante avec l'âge. Enfin, dans la condition avec modèle disponible, le nombre de retours sur la forme, lors d'une organisation en alternance des activités d'exploration et de dessin, devrait augmenter avec l'âge.

Dans un second temps, nous étudierons l'exploration manuelle d'enfants aveugles et malvoyants âgés de 6 à 13 ans, dans une condition d'exploration et de dessin différée (Expérience 3). Afin de ne pas interférer avec les procédures exploratoires mises en place spontanément par ces enfants (voir Berlà, 1981), nous ne leur avons pas systématiquement montré celles du suivi de contour et d'enveloppement, comme nous l'avons fait avec les enfants voyants. Par contre, si dans la phase d'entraînement à la tâche, ces enfants n'utilisaient pas ces stratégies, alors une démonstration était faite. La littérature (Morrongiello et al., 1994 ; Simpkins, 1979) montre une amélioration de l'exploration haptique chez les enfants aveugles entre 4 et 7 ans. Nous nous attendons donc à observer une exploration efficiente dès 6-9 ans chez tous les enfants, c'est-à-dire une exploration dynamique et complète de la forme, ainsi qu'une utilisation importante du suivi de contour (stratégie la plus optimale pour le traitement de la forme exacte). Du fait de leur pratique de la lecture bimanuelle en braille, les enfants aveugles devraient également explorer bimanuellement les formes dès 6-9 ans, contrairement aux enfants malvoyants.

Pour finir, une comparaison entre les enfants voyants, malvoyants et aveugles sera réalisée. L'objectif est de savoir si le statut visuel (voyant, malvoyant et aveugle) a une influence sur la qualité de l'exploration et modifie la hiérarchie des procédures exploratoires utilisées. Bien que les enfants voyants aient bénéficié d'une initiation au suivi de contour et à l'enveloppement, nous nous attendons à observer des différences entre les enfants voyants et aveugles, ces derniers possédant une expérience d'exploration haptique plus importante. Ainsi, les enfants aveugles devraient utiliser davantage de stratégies différentes que les enfants voyants. En conséquence de leur pratique de la lecture en braille, les enfants aveugles devraient également explorer plus fréquemment les formes de manière bimanuelle que les enfants voyants et malvoyants.

I. Comparaison des explorations manuelles chez des enfants voyants dans une condition de dessin différé (Expérience 1) et dans une condition de dessin avec modèle disponible (Expérience 2).

METHODE

Sujets

60 enfants, âgés entre 4 et 10 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à chaque expérience (soit 120 enfants étudiés au total). Ils étaient tous droitiers, de langue maternelle française et provenaient de familles de classe socioprofessionnelle moyenne. Ils n'avaient ni avance, ni retard scolaire et n'avaient pas de problème de vision. Douze enfants (six filles et six garçons) de cinq classes de niveaux scolaires différents ont été recrutés dans chaque expérience (4 ans/moyenne section de maternelle ; 5 ans/grande section de maternelle ; 6 ans/cours préparatoire ; 8 ans/Cours élémentaire 2^{ème} année ; 10 ans/cours moyen 2^{ème} année). Les caractéristiques des enfants des Expériences 1 et 2 sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques des enfants ayant participé aux Expériences 1 et 2.

	Groupe d'âge	Effectif	Age moyen (en année et en mois)	Ecart-type des âges (en mois)
Expérience 1 Condition Différée N = 60	4 ans	12	4,5	3
	5 ans	12	5,5	3
	6 ans	12	6,7	2
	8 ans	12	8,6	4
	10 ans	12	10,2	5
Expérience 2 Condition Modèle Disponible N = 60	4 ans	12	4,6	3
	5 ans	12	5,2	2
	6 ans	12	6,5	2
	8 ans	12	8,8	2
	10 ans	12	9,11	4

Matériel

Dans les deux expériences, les stimuli utilisés sont des formes découpées dans une matière souple similaire à de la mousse d'1mm d'épaisseur, collées sur un support cartonné (12,5 cm x 16,5 cm). Cette matière est régulièrement utilisée pour faire des illustrations tactiles dans les livres destinés aux enfants aveugles. La Figure 5 montre les formes utilisées lors de ces deux études, une forme étant réservée à l'explication de la tâche et à la démonstration des deux procédures exploratoires, six formes

utilisées dans la phase d'entraînement et six autres formes étant destinées à la phase expérimentale.

Forme réservée à l'explication de la tâche



Formes réservées à la phase d'entraînement



Formes réservées à la phase expérimentale

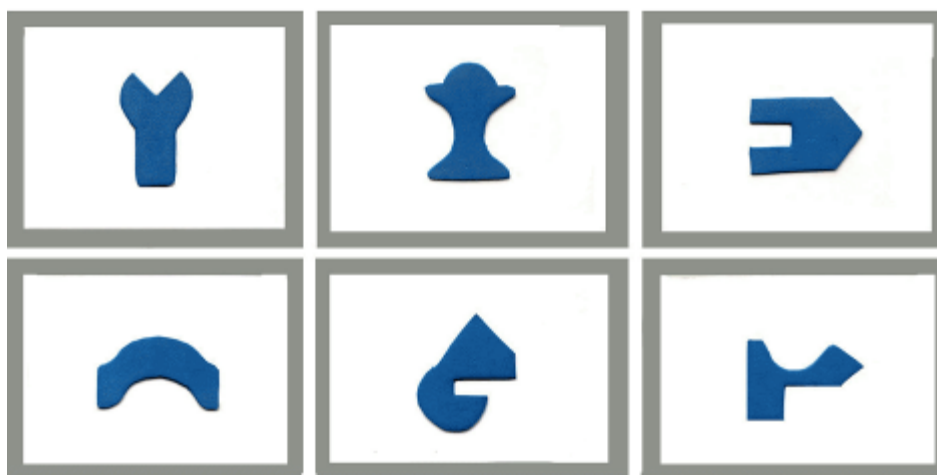


Figure 5 : Formes utilisées : forme réservée à l'explication de la tâche, formes utilisées dans la phase d'entraînement et formes destinées à la phase expérimentale (de haut en bas).

La hauteur et la longueur/largeur des formes expérimentales varient entre 4 et 7 cm.

Un dispositif est utilisé pour cacher les formes de la vue de l'enfant. Il s'agit d'un panneau en carton de 50 cm sur 32 cm avec une ouverture de 32 cm sur 6,5 cm sur le bas, par laquelle l'enfant peut passer les mains pour toucher les formes sans contrôle visuel. Ce panneau est maintenu en position verticale par deux cales en bois. Il est retiré après chaque exploration pour permettre à l'enfant de faire son dessin, sur une demi feuille blanche A4 au moyen d'un stylo. Un caméscope a été utilisé pour filmer l'exploration haptique de la forme par l'enfant et la réalisation des dessins. Le dispositif expérimental est illustré dans la Figure 6.



Figure 6 : Dispositif expérimental

Procédure

La procédure variant quelque peu entre les deux expériences, nous la détaillerons par expérience.

➤ Expérience 1 : Représentations graphiques à partir d'une exploration tactile de formes bidimensionnelles dans une condition de dessin différé.

Les passations se déroulaient de la même façon pour les cinq groupes d'âge. L'enfant était assis devant une table sur laquelle était installé le dispositif. On lui expliquait alors la tâche, dont la consigne était la suivante : « On va faire des dessins de formes. Habituellement, on fait des dessins de formes que l'on voit. Mais aujourd'hui, on va faire un jeu plus amusant : tu vas dessiner une forme que tu n'auras pas vue mais que tu auras seulement touchée. Tu devras la dessiner exactement comme tu penses qu'elle est. Tu vois cette forme que j'ai mise devant toi ? (forme réservée à l'explication de la tâche). En faisant des mouvements avec tes mains et tes doigts, tu peux te faire une idée de la forme ». Pour faciliter ce traitement de la forme, nous montrions alors à l'enfant comment exécuter tout d'abord la stratégie d'enveloppement de la forme globale, puis celle d'enveloppement de formes locales et enfin celle de suivi de contour, la plus efficace à cet effet (Lederman & Klatzky, 1987, 1993). Par la suite, nous expliquions aux enfants qu'ils auraient à manipuler avec les mains des formes de ce type sans les voir. Pour familiariser l'enfant à cette tâche inhabituelle, nous avons commencé avec une phase

d'entraînement à l'aide de six formes simples, afin de vérifier la compréhension de la consigne et l'utilisation des procédures exploratoires d'enveloppement et de suivi de contour. Puis l'expérimentateur enchaînait avec la phase expérimentale. La phase expérimentale se déroulait de la même manière que celle d'entraînement. Nous demandions aux enfants de passer les mains dans l'ouverture du panneau afin d'explorer la forme de façon à pouvoir la dessiner. Lorsque l'enfant avait passé ses mains par l'ouverture du panneau, l'expérimentateur les lui plaçait sur une forme positionnée préalablement dans une orientation fixe (voir Figure 1 p. 51). On lui expliquait à nouveau qu'il disposait de tout le temps jugé nécessaire pour faire son exploration et qu'il devait dessiner la forme explorée exactement comme il pensait qu'elle était. Lorsque l'enfant se déclarait prêt à dessiner, c'est-à-dire lorsqu'il s'était fait une « idée » suffisante de la forme pour le dessin, il retirait ses mains du panneau. La forme explorée était alors mise hors de la vue de l'enfant, auquel on donnait une feuille et un stylo pour qu'il la dessine. Pendant la passation, l'expérimentateur vérifiait que l'enfant ne regardait pas sous le cache.

Aucune limite de temps n'était imposée aux enfants pour le dessin et ils étaient autorisés à le recommencer lorsqu'ils déclaraient s'être trompés. Une fois le dessin achevé, une nouvelle forme était présentée pour l'exploration haptique et ainsi de suite pour les autres formes. Les formes étaient présentées dans un ordre aléatoire. La passation était individuelle et durait en moyenne 20-25 minutes.

➤ **Expérience 2: Représentations graphiques à partir d'une exploration tactile de formes bidimensionnelles dans une condition de dessin avec modèle disponible.**

La procédure est similaire à celle de l'expérience précédente, à l'exception des consignes qui diffèrent dans la mesure où l'objet reste disponible à l'enfant lors du dessin. Ainsi, l'expérimentateur précisait à l'enfant qu'il avait la possibilité de dessiner et de revenir sur la forme autant de fois qu'il le désirait ou d'explorer la forme et de la dessiner simultanément en lui disant : « Tu as le droit de toucher la forme autant de fois que tu veux et de la dessiner en plusieurs fois ou si tu préfères, tu peux la toucher d'une main et la dessiner en même temps avec l'autre main ».

Codage des données

Dans les deux expériences, le codage de l'exploration manuelle a été effectué par deux juges travaillant séparément après l'expérimentation, à partir des vidéos réalisées. Pour chaque forme, nous nous sommes intéressées à la qualité de l'exploration manuelle et aux différentes stratégies utilisées par les enfants. Les deux juges s'étaient mis d'accord au préalable sur la définition opérationnelle de chaque exploration.

Codage de la qualité de l'exploration :

- **Exploration complète de la forme** : Nous avons coté 1 lorsque l'enfant explorait la forme entièrement et 0 lorsqu'il l'explorait partiellement.
- **Exploration dynamique** : Lorsque l'enfant faisait des mouvements avec ses mains pour explorer la forme, nous cotions 1. A l'inverse, lorsque la main de l'enfant était passive, nous cotions 0.
- **Temps d'exploration** (mesuré en secondes) : L'exploration débute lorsque que l'enfant touche la forme et se finit lorsqu'il retire ses mains de celle-ci.
- **Exploration de la forme bimanuelle** (codée 1) **ou unimanuelle** (codée 0)
- **Nombre de stratégies exploratoires** utilisées par l'enfant

Stratégies exploratoires utilisées par les enfants:

Sept stratégies différentes ont été observées lors de l'exploration manuelle. La présence de chaque stratégie est codée 1 et l'absence 0. Les stratégies codées sont les suivantes :

- **Le suivi de contour** (décrite par Lederman & Klatzky, 1987) : Une exploration est codée comme suivi de contour lorsque le sujet effectue un mouvement dynamique avec un doigt tout le long des bords de la forme.
- **L'enveloppement de la forme globale** (décrite par Lederman & Klatzky, 1987) : Cette procédure correspond à une stratégie statique qui consiste à entourer simultanément l'ensemble des parties de l'objet avec plusieurs doigts d'une ou deux mains, qui vont se positionner autour de l'objet, recouvrant ainsi différentes zones de l'objet.
- **Enveloppement de formes locales** : Ce type d'enveloppement se rapproche de l'enveloppement partiel décrit par Reed et coll. (1990). Il consiste à positionner plusieurs doigts autour d'une partie précise de l'objet, pour permettre d'extraire la forme de cette partie.
- **Pince** (décrite par Davidson, 1972) : Cette stratégie consiste à pincer avec deux doigts (généralement le pouce et l'index) une partie précise de la forme.
- **Balayage de la surface de l'objet** : Cette stratégie implique un mouvement dynamique (unique ou va-et-vient) sur la surface de la forme par le déplacement d'un ou plusieurs doigts. Elle correspond au frottement latéral décrit par Lederman et Klatzky (1987, 1993).

- **Contact statique** (décrit par Lederman & Klatzky, 1987) : Cette stratégie consiste à maintenir la main à plat sur la forme et à la couvrir de façon statique.
- **Mouvement symétrique** (décrit par Lomov, 1966 ; Balasteros et al. 1997) : Cette stratégie consiste à reproduire le même déplacement des doigts de part et d'autre de l'objet, lors d'un suivi de contour.

Dans l'Expérience 2 uniquement (condition de dessin avec modèle disponible), nous nous sommes intéressées en plus à l'organisation des activités d'exploration et de dessin. Trois types d'organisation étaient possibles et leur présence était codée 1 :

- **Activités d'exploration et de dessin réalisées en différé.** Dans ce cas, l'enfant effectuait son exploration et son dessin en alternance. Le **nombre de retours sur la forme** était également noté ainsi que la **présence d'une exploration bimanuelle** (codée 1).
- **Activités d'exploration et de dessin réalisées simultanément.** Dans ce cas, l'enfant utilisait sa main dominante pour dessiner, tandis que l'autre explorait la forme dans un même temps.
- **Activités réalisées en différé et en simultané.** Dans ce cas, l'enfant recourait aux deux types d'organisation exposés précédemment au cours de son exploration.

Les pourcentages de concordance entre les deux juges différaient selon les variables codées, allant de 78% à 96%. Les désaccords ont été réglés avant l'analyse.

RESULTATS

Bien qu'une grande partie de nos mesures consistent en des variables binaires (codées 0 ou 1), nous analyserons les résultats au moyen d'ANOVAS car il a été montré que ce type d'analyse est valide avec des données binaires sous certaines conditions, en particulier lorsque le nombre de degrés de liberté du terme d'erreur est supérieur à 40 (Hsu & Feld, 1969 ; Greer & Dunlap, 1997 ; Lunney, 1970). Une ANOVA avec l'Age des sujets (5 : 4, 5, 6, 8 et 10 ans) et la condition de dessin (2 : avec Modèle vs Différée) comme facteurs inter-sujets a donc été réalisée sur les différentes variables. Chaque condition de dessin a également été analysée séparément. Ainsi, une ANOVA avec l'âge des sujets (5) comme facteurs inter-sujets a été réalisée dans la condition de dessin avec modèle et dans la condition de dessin différé.

Nous verrons tout d'abord les résultats concernant la qualité de l'exploration, puis ceux concernant les différentes procédures exploratoires utilisées par les enfants. Pour finir, nous analyserons l'organisation de l'activité dans la condition avec modèle.

1. Analyse de la qualité de l'exploration

▪ Exploration complète versus partielle de la forme

La Figure 7 présente l'évolution avec l'âge de la présence d'une exploration complète de la forme dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle disponible (Expérience 2)

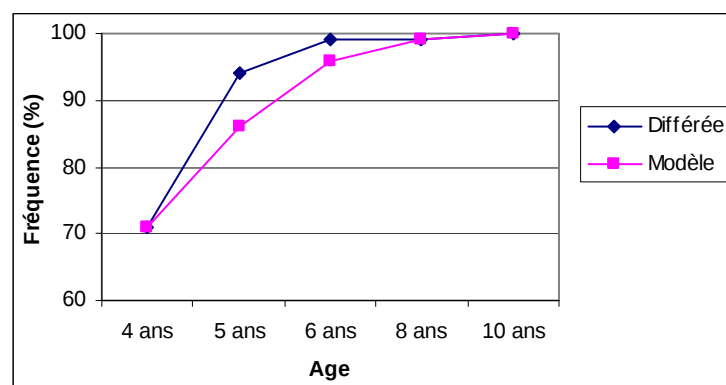


Figure 7 : Evolution avec l'âge de la présence d'une exploration complète de la forme dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2).

L'exploration complète de la forme devient de plus en plus fréquente avec l'âge dans les deux conditions de dessin, avec une nette augmentation entre 4 et 5 ans, $F(4,110) = 14.5$, $p < .01$. A 6 ans, une performance quasi optimale est observée pour ce critère. Aucune différence entre les conditions de dessin n'apparaît, $F(1,110) < 1$.

▪ Exploration dynamique versus passive de la forme

La Figure 8 illustre l'évolution avec l'âge de la présence d'une exploration dynamique de la forme dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2).

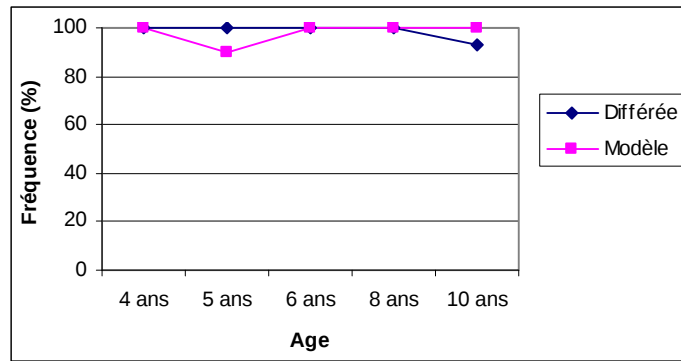


Figure 8 : Evolution avec l'âge de la présence d'une exploration dynamique de la forme dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2).

Les analyses ne révèlent pas d'effet de l'âge, $F(4,110) = 1.2$, $p > .20$, ni d'effet de la condition de dessin, $F(1,110) < 1$. Dès 4 ans, les enfants utilisent des mouvements dynamiques pour explorer les formes dans 100 % des cas.

▪ Temps d'exploration (en secondes)

L'évolution avec l'âge du temps d'exploration (en secondes) de la forme dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2) est consignée en Figure 9.

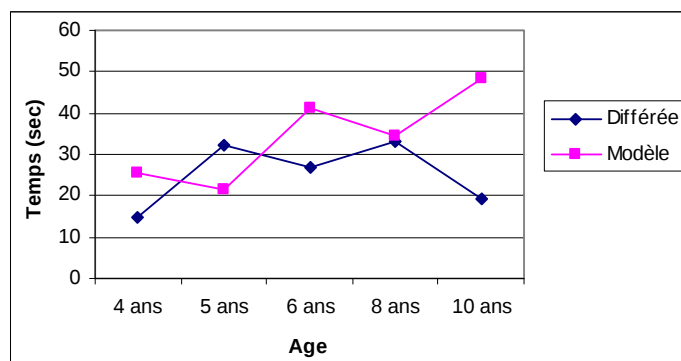


Figure 9 : Evolution avec l'âge du temps d'exploration (en secondes) de la forme dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2).

Aucun effet de l'âge n'apparaît, $F(4,110) = 2$, $p > .10$. L'analyse séparée des conditions de dessin confirme cette absence d'effet de l'âge dans la condition différée, $F(4,55) = 1.6$, $p > .10$. En revanche, une augmentation du temps d'exploration avec l'âge est mise en évidence dans la condition avec modèle, $F(4,55) = 3.6$, $p < .05$. Un effet significatif de la condition de dessin est apparu, indiquant que le temps d'exploration des formes est plus long dans la condition avec modèle ($M = 34.2$ sec.) que dans celle différée ($M = 25.3$ sec.), $F(1,110) = 3.4$, $p < .05$. Une interaction significative entre l'âge et la condition de dessin révèle que le temps d'exploration est plus important dans la condition avec modèle

que dans la condition différée essentiellement à 10 ans ($M = 48.3$ sec. vs $M = 19.1$ sec.), $F(4,110) = 3$, $p < .05$.

▪ Présence d'une exploration bimanuelle versus unimanuelle

La fréquence d'une exploration bimanuelle en fonction de l'âge dans les deux conditions de dessin est présentée dans la Figure 10. Rappelons que, dans la condition avec modèle, cette variable a été cotée uniquement lorsque les enfants réalisaient l'exploration et le dessin en alternance et non pas en simultané, ce qui conduit à enlever 10 % des données à 4 ans, 20 % à 5 ans, 35 % à 6 ans, 30% à 8 ans et 40 % à 10 ans (voir Figure 14 p.62, les pourcentages des activités simultanées aux différents âges).

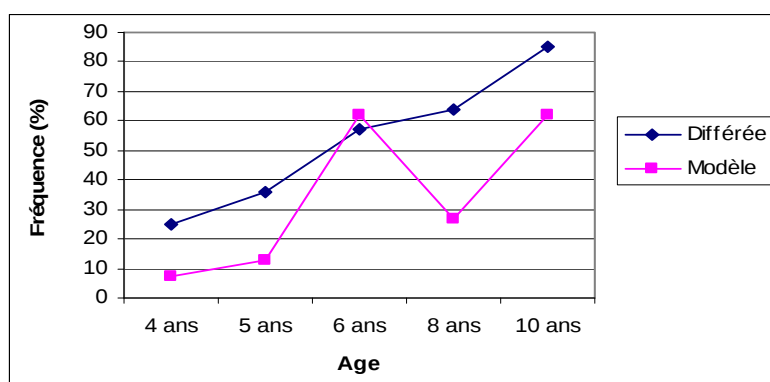


Figure 10 : Evolution avec l'âge de la présence d'une exploration bimanuelle dans la condition différée (Expérience 1) ou dans la condition avec modèle (Expérience 2).

Les analyses montrent que l'exploration bimanuelle est plus fréquente dans la condition différée que dans celle avec modèle (53 % vs 34 %), $F(1,94) = 4.6$, $p < .05$, et qu'elle est de plus en plus privilégiée à une exploration unimanuelle avec l'âge, $F(4,110) = 5.9$, $p < .01$. Les analyses séparées des conditions confirment l'augmentation avec l'âge des explorations bimanuelle lorsque le dessin est différé, $F(4,55) = 3.3$, $p < .05$, ou réalisé avec le modèle disponible, $F(4,39) = 3.3$, $p < .05$. Dans la condition avec modèle, les comparaisons post-hoc réalisées entre les différents âges indiquent que seules les augmentations entre 4-5 et 6 ans, ainsi qu'entre 4-5 et 10 ans sont significatives ($p_s < .05$). La diminution observée entre 6 et 8 ans n'est pas significative. Enfin, aucun effet d'interaction significatif entre l'âge et la condition n'est mis en évidence, $F(4,94) < 1$.

▪ Nombre de stratégies différentes utilisées

La Figure 11 présente l'évolution avec l'âge du nombre de stratégies différentes utilisées pour l'exploration dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2).

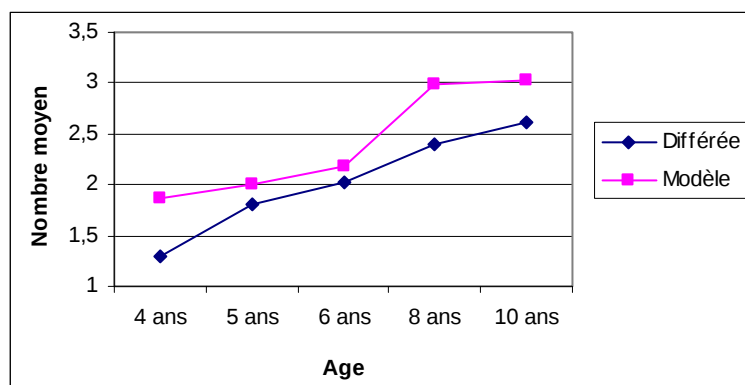


Figure 11 : Evolution avec l'âge du nombre de stratégies différentes utilisées pour l'exploration dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou avec modèle (Expérience 2).

Le nombre moyen de stratégies utilisées augmente avec l'âge, $F(4,110) = 11.8$, $p < .01$, et il est plus important dans la condition avec modèle que dans la condition différée ($M = 2.4$ vs $M = 2$), $F(1,110) = 7.9$, $p < .01$. Cette augmentation avec l'âge du nombre de stratégies s'effectue essentiellement entre 4 et 8 ans aussi bien dans la condition différée, $F(4,55) = 6.3$, $p < .01$, que dans la condition avec modèle, $F(4,55) = 6$, $p < .01$. Aucun effet d'interaction significatif entre l'âge et la condition de dessin n'apparaît, $F(4,110) < 1$. Rappelons que nous avons démontré comment utiliser trois stratégies exploratoires aux enfants. Les enfants entre 4 et 6 ans en présentent seulement deux en moyenne. A 8 et 10 ans, ce nombre augmente et passe à trois en condition avec modèle.

2. Analyses des différentes stratégies exploratoires utilisées

La fréquence d'utilisation avec l'âge des stratégies de suivi de contour (Suivi Cont.), d'enveloppement de la forme globale (Env. Global) et d'enveloppement de formes locales (Env. Local) dans une condition différée (à gauche) et avec modèle (à droite) est présentée dans la Figure 12. Ces procédures sont celles qui ont été montrées aux enfants durant la consigne.

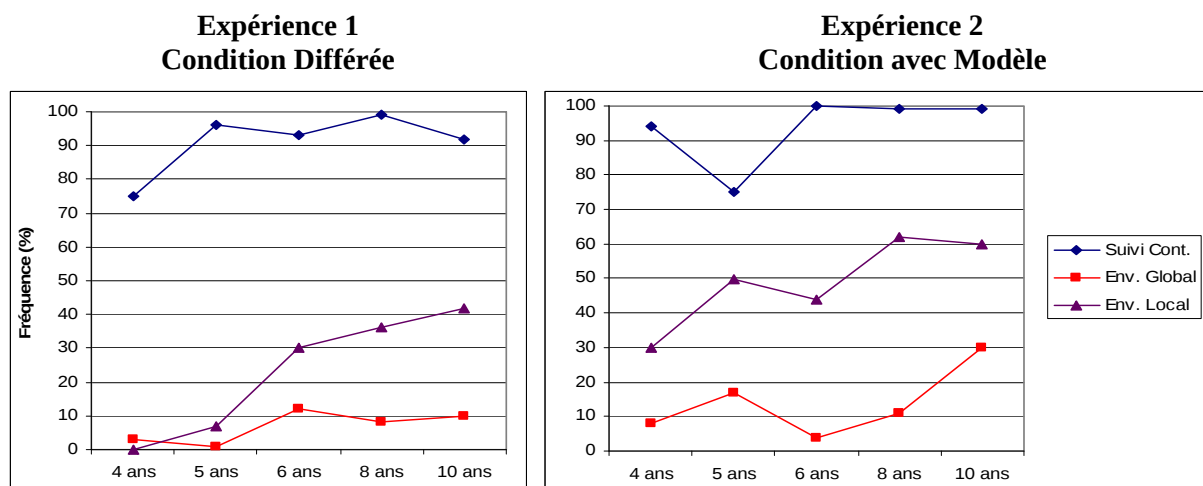


Figure 12 : Fréquence des différentes stratégies utilisées en fonction de l'âge, dans la condition différée à gauche et dans la condition avec modèle à droite.

Le suivi de contour est plus utilisé que les deux stratégies d'enveloppement dès 4 ans dans la condition différée ($t_s(11) > 4.4$, $p_s < .01$). Dans la condition avec modèle, le suivi de contour est également plus employé que l'enveloppement de la forme globale à tous les âges, $t_s(11) > 4.8$, $p_s < .01$, et il est plus fréquent que l'enveloppement des formes locales à tous les âges sauf à 5 ans, $t_s(11) > 3.9$, $p_s < .01$.

L'utilisation du suivi de contour augmente avec l'âge, $F(4,110) = 2.5$, $p < .05$, surtout entre 4 et 5 ans dans la condition différée, $F(4,110) = 2.8$, $p < .05$. En revanche, dans la condition avec modèle, le suivi de contour diminue entre 4 et 5 ans, puis augmente entre 5 et 6 ans, $F(4,55) = 3$, $p < .05$. Aucune différence entre les conditions de dessin n'apparaît (91% dans la condition différée et 93% dans la condition avec modèle), $F(1,110) < 1$. Un effet d'interaction entre l'âge et la condition traduit toutefois des différences entre les conditions à 4 et 5 ans, $F(4,110) = 3.3$, $p < .05$. En effet, le suivi de contour est plus employé dans la condition avec modèle que dans la condition différée à 4 ans, tandis que c'est l'inverse à 5 ans, $F_s(1,110) > 5.6$, $p_s < .05$.

L'enveloppement des formes locales est également de plus en plus fréquent avec l'âge, $F(4,110) = 2.8$, $p < .05$. Lorsque l'on analyse séparément les conditions de dessin, on observe dans la condition différée une augmentation de son utilisation essentiellement entre 4 et 6 ans, cette stratégie étant quasi inexistante avant 6 ans, $F(4,55) = 7.3$, $p < .01$. Bien qu'aucun effet d'âge significatif ne soit mis en évidence dans la condition avec modèle, $F(4,55) = 1.9$, $p > .10$, les comparaisons réalisées indiquent que les enfants de 8 et 10 ans emploient plus souvent cette stratégie que les enfants de 4 ans, $F(1,55) = 7$, $p < .05$. Cette procédure exploratoire est par ailleurs plus souvent présentée par les enfants lorsque le dessin est réalisé avec le modèle disponible plutôt qu'en différé (49% vs 23%), $F(1,110) = 25.8$, $p < .01$.

La fréquence d'utilisation de l'enveloppement de la forme globale augmente avec l'âge, $F(4,110) = 2.7$, $p < .05$. Toutefois, cet effet de l'âge est présent uniquement dans la condition avec modèle, $F(4,55) = 3.3$, $p < .05$. L'enveloppement de la forme globale est davantage employé dans la condition avec modèle que dans celle différée (14% vs 7%), $F(1,110) = 4.7$, $p < .05$. Une interaction significative entre l'âge et la condition indique que cette différence est présente surtout à 10 ans, $F(4,110) = 2.8$, $p < .05$.

Mises à part les stratégies que nous avons démontrées aux enfants, d'autres stratégies ont été observées, telles que la pince, les mouvements symétriques (Mvt Sym.), le balayage de la surface, et le contact statique (Contact Stat.). La Figure 13 en présente la fréquence d'utilisation en fonction de l'âge et de la condition de dessin.

L'utilisation de la pince augmente avec l'âge, $F(4,110) = 9$, $p < .01$, ce qui est confirmé dans la condition différée, $F(4,55) = 4.8$, $p < .01$, comme dans la condition avec modèle, $F(4,55) = 4.5$, $p < .01$.

Aucun effet significatif de la condition, ni d'interaction entre l'âge et la condition n'apparaît, respectivement $F(1,110) = 1.1, p > .20$ et $F(4,110) < 1$.

Les enfants emploient également le mouvement symétrique de plus en plus fréquemment avec l'âge, $F(4,110) = 4, p < .01$. Un effet significatif de l'âge est retrouvé dans la condition avec modèle, $F(4,55) = 2.3, p < .05$. Une comparaison post-hoc indique que l'augmentation s'effectue surtout entre 4 et 6 ans ($p < .05$). En revanche, aucun effet de l'âge significatif n'apparaît dans la condition différée, $F(4,55) = 1.8, p > .10$, bien que les enfants de 10 ans utilisent plus souvent la stratégie de mouvement symétrique que ceux de 4 ans. Cette stratégie est par ailleurs plus fréquente dans la condition différée (23%) que dans la condition avec modèle (13%), $F(1,110) = 4.6, p < .05$. Aucun effet significatif d'interaction entre l'âge et la condition n'est mis en évidence, $F(4,110) < 1$.

En ce qui concerne les stratégies de balayage des surfaces et de contact statique, aucun effet de l'âge n'est révélé par les analyses, respectivement $F(4,110) < 1$ et $F(4,110) = 1.2, p > .30$, ce qui reste vrai lors des analyses séparées des conditions. Aucun effet de la condition, ni d'interaction entre l'âge et la condition n'apparaît également, respectivement, $F_s(4,110) < 1.5, p_s > .20$ et $F_s(1,110) < 1.8, p_s > .10$. La stratégie de balayage est utilisée dans 20 à 30 % des cas, celle de contact statique étant par contre peu fréquente (moins de 10 % des cas).

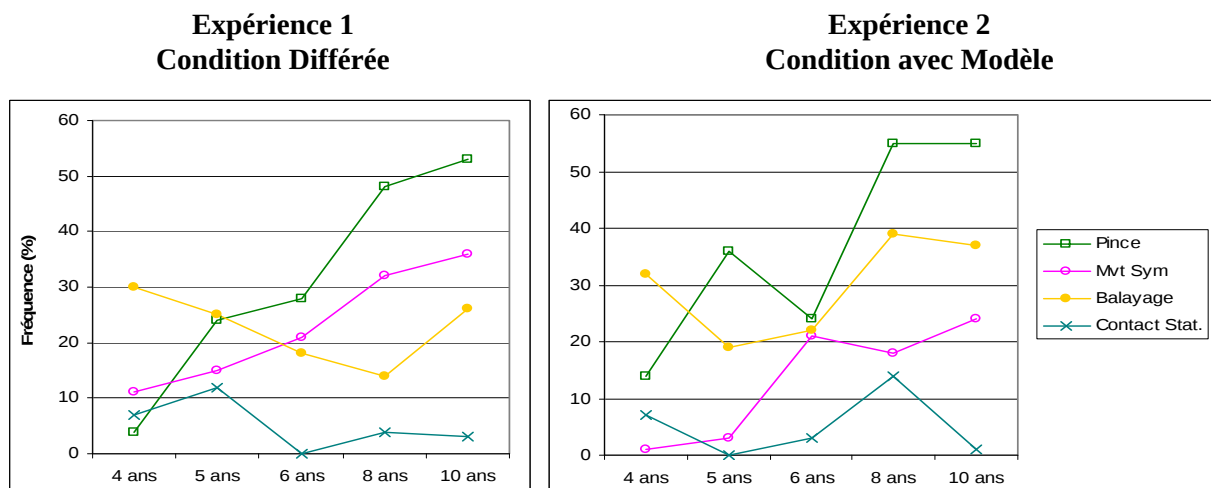


Figure 13 : Fréquence des différentes stratégies utilisées en fonction de l'âge, dans la condition différée à gauche et dans la condition avec modèle à droite.

3. Organisation de l'activité dans la condition avec modèle.

La Figure 14 présente l'évolution avec l'âge des trois types possibles d'organisation de l'activité, à savoir la réalisation des explorations et des dessins en alternance (Act. Différées) ou simultanément (Act. Simul.) et l'utilisation de ces deux types d'organisation (Act. Diff. + Sim.).

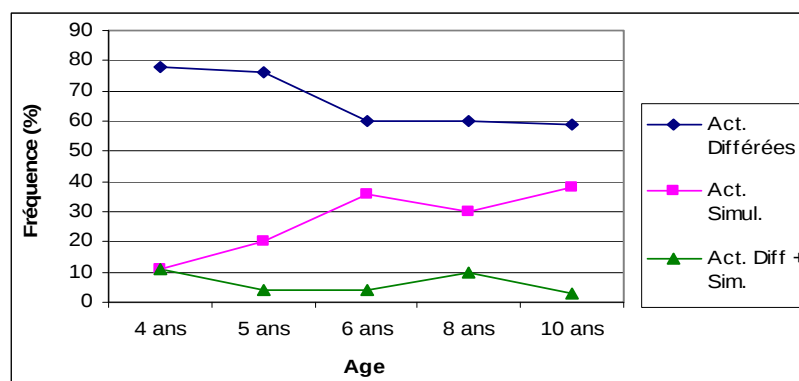


Figure 14 : Evolution avec l'âge des différents types d'organisation de l'activité.

Aucun effet de l'âge n'apparaît pour les trois types d'organisation de l'activité, $F_s(4,55) < 1$. Des tests de Student indiquent que les enfants de 4 et 5 ans effectuent plus souvent les activités de dessin et d'exploration en différé plutôt que simultanément ou à la fois en alternance et en simultané, $t_s(12) > 2.3$, $p_s < .05$. A partir de 6 ans, l'organisation différée des activités n'est pas significativement plus fréquente qu'une réalisation simultanée des activités, $t_s(12) > 1.1$, $p_s > .20$.

L'évolution avec l'âge du nombre de retours sur la forme, lorsque les enfants effectuent les activités d'exploration et de dessin en alternance, est présentée dans la Figure 15.

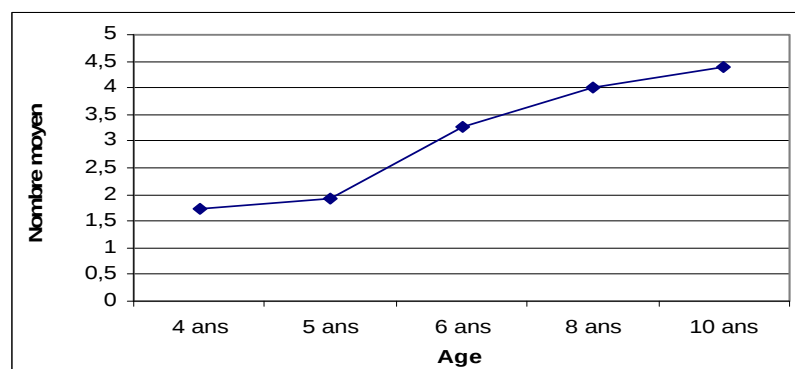


Figure 15 : Nombre moyen de retour sur la forme en fonction de l'âge lorsque les enfants effectuent l'exploration et le dessin en différé.

Un effet significatif de l'âge indique que le nombre moyen de retours sur la forme augmente avec l'âge, à partir de 5 ans, $F(4,39) = 5.8$, $p < .01$.

Avant de discuter les résultats, nous allons présenter l'Expérience 3 qui correspond aux données d'exploration obtenues chez les enfants aveugles et malvoyants dans une condition de dessin différé par rapport à l'exploration.

II. Analyse de l'activité manuelle chez des enfants aveugles et malvoyants âgés de 6-9 ans et de 10-13 ans dans une condition de dessin différé (Expérience 3).

La littérature (Morrongiello et al., 1994 ; Simpkins, 1979) montre une amélioration de l'exploration haptique chez les enfants aveugles entre 4 et 7 ans. Nous nous attendons donc à observer une exploration efficiente dès 6-9 ans chez tous les enfants, c'est-à-dire une exploration dynamique et complète de la forme, ainsi qu'une utilisation importante du suivi de contour (stratégie la plus optimale pour le traitement de la forme exacte). Du fait de leur pratique de la lecture bimanuelle en braille, les enfants aveugles devraient également explorer bimanuellement les formes dès 6-9 ans, contrairement aux enfants malvoyants.

METHODE

Sujets

38 enfants déficients visuels, âgés entre 6 et 13 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à cette étude. Ils sont tous de langue maternelle française et proviennent de familles de classe socioprofessionnelle moyenne de Clermont Ferrand (CRDV), Villeurbanne (EREADV) et Besançon (CRESDEV). Les enfants sont distingués selon leur déficience visuelle (cécité ou malvoyance). Nous nous sommes basées sur les classifications de la déficience visuelle utilisées par l'OMS (se référer à l'Annexe 1 p. 288) pour effectuer la répartition. L'OMS considère que les catégories 1 et 2 correspondent à la malvoyance et que les catégories 3, 4 et 5 correspondent à la cécité. La classification française est toutefois plus stricte et considère que seules les catégories 4 et 5 correspondent à la cécité. C'est cette classification que nous avons prise en compte dans notre expérience. Ainsi, nous avons considéré comme étant malvoyants les enfants appartenant aux catégories 1, 2, 3 décrites par l'OMS et ceux appartenant aux catégories 4 et 5 ans comme étant aveugles. Ces derniers sont tous aveugles précoces, ayant perdu l'usage de la vue avant l'âge de 6 mois. Aucun des enfants ne présente de troubles associés à leur déficience visuelle. Les sujets ont été répartis dans deux groupes d'âge : 6-9 ans et 10-13 ans. Ces deux groupes d'âge sont constitués de neuf enfants aveugles et de dix enfants malvoyants. La majorité des enfants aveugles lisent le braille bimanuellement sauf un enfant de 10-13 ans qui pratique une lecture unimanuelle. Les caractéristiques des enfants sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques des enfants participant à l'expérience.

Groupe d'âge	Statut visuel	Effectif	Age moyen (en année et mois)	Ecart-type des âges (en mois)	Sexe	Latéralité
6-9 ans	Aveugles	9	7,7	14	7 filles	8 droitiers
					2 garçons	1 gaucher
6-9 ans	Malvoyants	10	8,4	11	4 filles	9 droitiers
					6 garçons	1 gaucher
10-13 ans	Aveugles	9	11,10	11	7 filles	9 droitiers
					2 garçons	
10-13 ans	Malvoyants	10	11,10	13	5 filles	8 droitiers
					5 garçons	2 gauchers

Matériel

Le matériel est le même que celui utilisé avec les enfants voyants. Une forme est employée pour l'explication des consignes, six formes sont réservées à un entraînement et six autres formes sont destinées à la phase expérimentale. Nous nous sommes également servis du panneau en carton pour cacher les formes à la vue des enfants pendant l'exploration haptique. Ce panneau n'est pas utile pour les enfants aveugles mais nous l'avons tout de même utilisé afin de conserver la même situation expérimentale que chez les enfants voyants. Pour plus de détails, nous pouvons nous référer à la p. 50.

Procédure

L'expérience s'est déroulée au sein de l'établissement ou de l'institution d'accueil de l'enfant. La procédure est identique à celle décrite précédemment avec les enfants voyants de la condition différée (cf. p. 52), à l'exception des consignes dans lesquelles aucune démonstration de procédures exploratoires n'était réalisée. La consigne pour les enfants malvoyants était la suivante : « On va faire des dessins de formes. Tu vas dessiner une forme que tu n'auras pas vue mais que tu auras seulement touchée. Tu devras la dessiner exactement comme tu penses qu'elle est » et pour les enfants aveugles : « On va faire des dessins de formes que je vais te donner à toucher. Tu devras les dessiner exactement comme tu penses qu'elles sont ».

Par ailleurs, si l'expérimentateur constate que l'enfant n'utilise pas le suivi de contour, l'enveloppement de la forme globale et l'enveloppement de formes locales durant la phase d'entraînement, alors il montre à l'enfant comment les réaliser. La majorité des enfants utilisaient ces stratégies sauf deux enfants malvoyants de 6-9 ans.

Codage des données

Le codage de l'exploration s'effectue de la même manière que pour l'Expérience 1 avec les enfants voyants dans une condition de dessin différé. Ainsi, pour chaque forme, nous avons codé la présence d'une exploration dynamique, d'une exploration complète de la forme, d'une exploration bimanuelle et le nombre de stratégies différentes utilisées par l'enfant et le temps d'exploration afin d'évaluer la qualité de l'exploration. Nous avons également noté la présence de différentes stratégies d'exploration : le suivi de contour, l'enveloppement de la forme globale, l'enveloppement de formes locales, la pince, le balayage de la surface, le contact statique et les mouvements symétriques (pour plus de détails, voir p. 54-55).

RESULTATS

Une ANOVA avec l'Age des sujets (2 : 6-9 et 10-13 ans) et le statut visuel (2 : Aveugle et Malvoyant) comme facteur inter-sujets a été réalisée avec le temps d'exploration et le nombre de stratégies comme variables dépendantes. Des analyses basées sur le test t de Student ont été réalisées pour ce qui concerne les autres variables dépendantes, car dans ce cas, le nombre de degrés de liberté du terme d'erreur était inférieur à 40, ne permettant plus l'utilisation de l'ANOVA. Nous verrons tout d'abord les résultats concernant la qualité de d'exploration puis ceux concernant les différentes stratégies exploratoires utilisées.

1. Analyse de la qualité de l'exploration

- **Exploration complète de la forme (vs exploration partielle) et exploration dynamique (vs statique)**

La fréquence d'une exploration complète de la forme en fonction de l'âge chez des enfants aveugles et malvoyants est présentée dans la Figure 16.

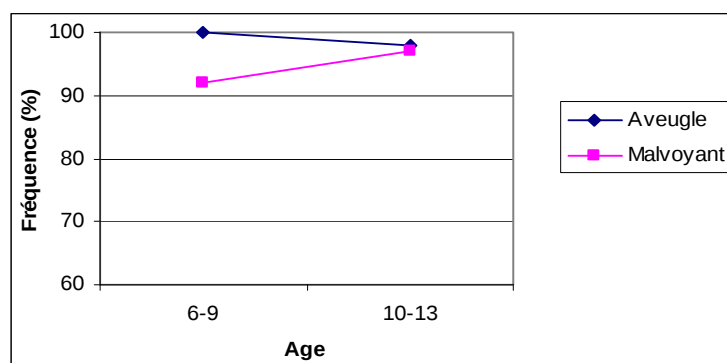


Figure 16 : Fréquence d'une exploration de la forme complète chez des enfants aveugles et malvoyants.

Dès 6-9 ans, les enfants explorent très fréquemment la forme entièrement. La différence entre les enfants malvoyants de 6-9 ans et ceux de 10-13 ans n'est pas significative, $t(18) = -.75$, $p > .40$, ni celle entre les enfants aveugles et malvoyants, $t(36) = 1.38$, $p > .15$. Par ailleurs, tous les enfants utilisent dans 100% des cas des mouvements dynamiques, résultat qui est donc inutile de montrer en graphique.

▪ Temps d'exploration (en secondes)

La Figure 17 présente l'évolution avec l'âge du temps d'exploration (en secondes) de la forme chez des enfants aveugles et malvoyants.

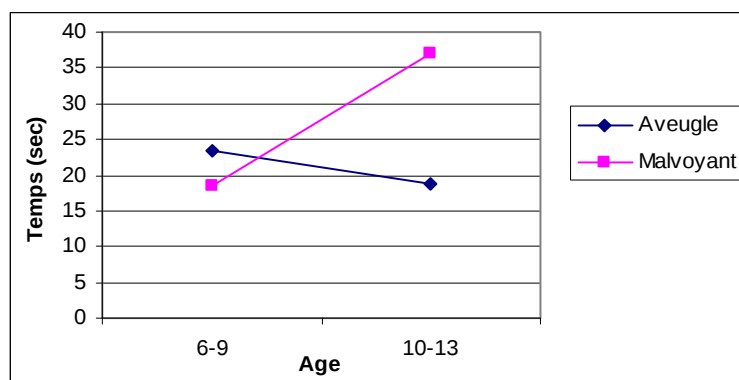


Figure 17 : Evolution avec l'âge du temps d'exploration (en secondes) de la forme chez des enfants aveugles et malvoyants.

Aucun effet de l'âge ou du statut visuel n'apparaît, $F_s(1,34) < 1.3$, $p_s > .20$. Néanmoins, un effet d'interaction tendancielllement significatif entre l'âge et le statut visuel est mis en évidence, $F(1,34) = 3.5$, $p = .06$. Les différentes comparaisons réalisées montrent une augmentation du temps d'exploration entre 6-9 ans ($M = 18,5$ sec.) et 10-13 ans ($M = 37,1$ sec.) chez les enfants malvoyants, $F(1,34) = 4.8$, $p < .05$, alors qu'aucun changement n'est observé chez les aveugles. Ainsi, une différence entre les enfants existe à 10-13 ans, les enfants malvoyants explorant plus longtemps les formes que les enfants aveugles ($M = 37,1$ sec. vs $M = 18,5$ sec.), $F(1,34) = 4.4$, $p < .05$.

▪ Présence d'une exploration bimanuelle (vs unimanuelle)

La fréquence d'une exploration bimanuelle en fonction de l'âge chez les enfants aveugles et malvoyants est illustrée par la Figure 18.

Les enfants malvoyants de 10-13 ans explorent de manière bimanuelle significativement plus souvent que ceux de 6-9 ans, $t(18) = -3$, $p < .01$. L'exploration bimanuelle est très fréquente chez les enfants aveugles dès 6-9 ans ($> 90\%$). La présence d'une exploration bimanuelle est plus fréquente chez les enfants aveugles que chez ceux malvoyants à 6-9 ans (96% vs 63%), $t(17) = 2.5$, $p < .05$, alors qu'aucune différence n'apparaît à 10-13 ans, $p > .05$.

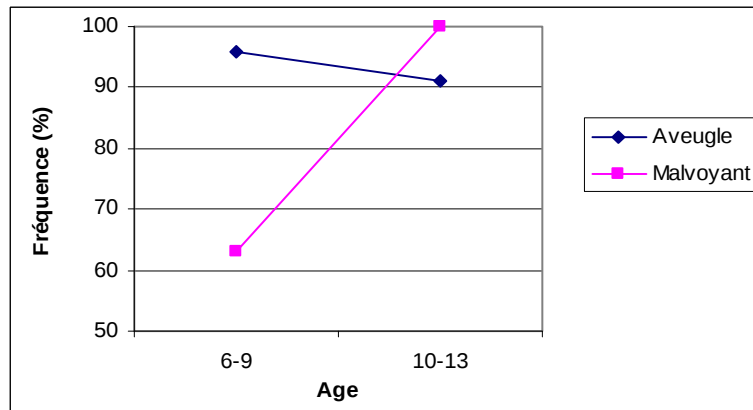


Figure 18 : Fréquence d'une exploration bimanuelle en fonction de l'âge chez des enfants aveugles et malvoyants.

▪ Nombre de stratégies différentes utilisées

La Figure 19 présente l'évolution avec l'âge du nombre de stratégies différentes utilisées par les enfants aveugles et malvoyants.

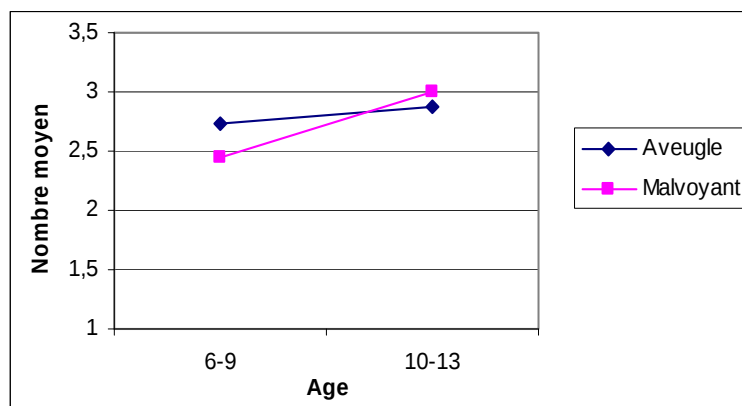


Figure 19 : Evolution avec l'âge du nombre de stratégies différentes utilisées par les enfants aveugles et malvoyants

Un effet tendancielllement significatif de l'âge montre que le nombre de stratégies différentes utilisées a tendance à augmenter avec l'âge (passant de $M = 2,5$ à $M = 2,9$), $F(1,34) = 3,5$, $p = .07$. Les analyses ne révèlent pas d'effet du statut visuel, ni d'interaction entre l'âge et le statut visuel, $F_s(1,34) < 1.3$, $p_s > .20$.

2. Analyse des différentes stratégies exploratoires utilisées

L'évolution avec l'âge de l'utilisation de différentes stratégies exploratoires (suivi de contour, pince, enveloppement des formes locales, mouvements symétriques, balayage de la surface, enveloppement de la forme globale, contact statique) chez les enfants aveugles et malvoyants est présentée dans la Figure 20.

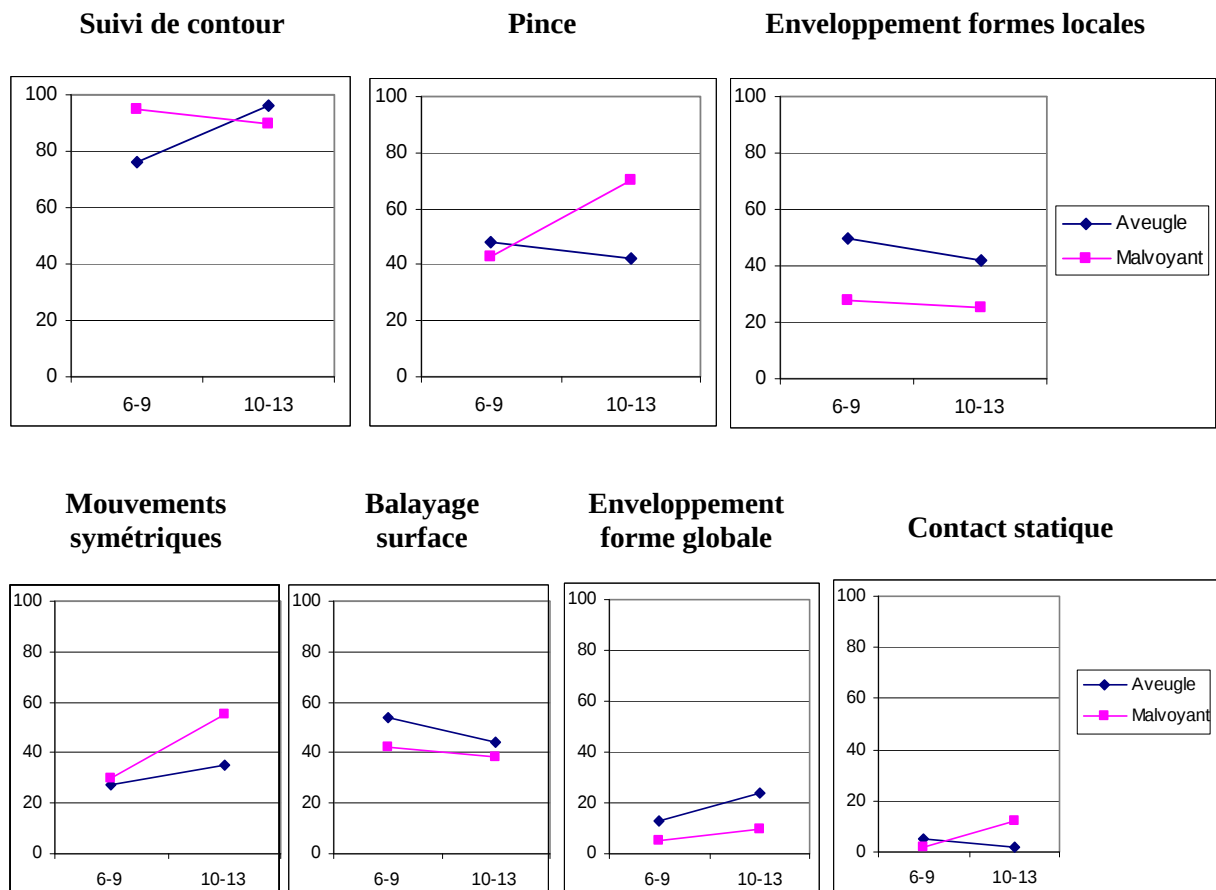


Figure 20 : Evolution avec l'âge de l'utilisation de différentes stratégies exploratoires chez des enfants aveugles et malvoyants.

La stratégie de suivi de contour est plus utilisée que toutes les autres stratégies par les enfants malvoyants de 6-9 ans et 10-13 ans, $t_s(10) > 4.3$, $p_s < .05$. Elle est très présente chez les enfants malvoyants dès 6-9 ans ($>90\%$). Chez les enfants aveugles, le suivi de contour n'est pas significativement plus employé que l'enveloppement local et le balayage à 6-9 ans, $t_s(9) < 1.4$, $p_s > .10$, alors qu'à 10-13 ans, il est significativement plus fréquent que toutes les autres stratégies chez les enfants aveugles, $t_s(9) > 4.2$, $p_s < .01$. Précisons que cette stratégie de suivi de contour augmente chez les enfants aveugles entre 6-9 ans et 10-13 ans, $t(16) = -2.4$, $p < .05$. La différence à 6-9 ans entre les

enfants aveugles et malvoyants est d'ailleurs significative, $t(17) = -2.4$, $p < .05$, alors qu'elle ne l'est pas à 10-13 ans, $t(17) = -1.2$, $p > .20$.

La stratégie de la pince a tendance à être plus utilisée à 10-13 ans (70%) qu'à 6-9 ans (43%) chez les enfants malvoyants, $t(18) = -1.9$, $p = .06$. En revanche, aucune différence entre les âges n'est présente chez les enfants aveugles, $t(16) < 1$. A 10-13 ans, la différence entre les enfants malvoyants et aveugles est tout juste significative, $t(17) = -2$, $p = .05$, alors qu'elle ne l'est pas à 6-9 ans, $t(17) < 1$.

Les enfants aveugles emploient plus fréquemment la stratégie d'enveloppement de formes locales que les enfants malvoyants (46% vs 27%), $t(36) = 2$, $p < .05$, ainsi que la stratégie d'enveloppement de la forme globale (18% vs 7%), $t(36) = 2.3$, $p < .05$. En revanche, aucune différence entre enfants aveugles et malvoyants n'apparaît pour l'utilisation des mouvements symétriques, du balayage de la surface et du contact statique, $t_s(36) < 1$. Chez les enfants malvoyants, les mouvements symétriques ont tendance à être plus souvent mis en œuvre à 10-13 ans qu'à 6-9 ans, $t(18) = -1.9$, $p = .07$.

On soulignera enfin que les stratégies exploratoires les moins fréquentes chez les enfants aveugles et malvoyants des deux groupes d'âge sont l'enveloppement de la forme globale et le contact statique.

III. Comparaison des explorations manuelles d'enfants voyants, malvoyants et aveugles dans une condition de dessin différé

L'objectif est de savoir si le statut visuel (voyant, malvoyant et aveugle) a une influence sur la qualité de l'exploration et modifie la hiérarchie des procédures exploratoires. Comme précédemment, nous nous intéressons à la qualité de l'exploration (présence d'une exploration dynamique, d'une exploration complète de la forme, d'une exploration bimanuelle, le nombre de stratégies différentes utilisées par l'enfant et le temps d'exploration) ainsi qu'à la présence de différentes stratégies d'exploration (suivi de contour, enveloppement de la forme globale, enveloppement de formes locales, pince, balayage de la surface, contact statique et mouvements symétriques).

METHODE

Description des sujets

Cette comparaison est réalisée à partir des expériences précédentes où le dessin est effectué en différé par rapport à l'exploration (Expériences 1 et 3). Dans l'Expérience 1, l'âge des enfants voyants de la modalité tactile et visuelle est compris entre 4 et 10 ans. Dans l'Expérience 3, l'échantillon des enfants aveugles s'étend de 6 à 13 ans et celui des enfants malvoyants de 7 à 13 ans. De ce fait, l'échantillon considéré pour la comparaison effectuée ici comprend des enfants âgés de 6 à 10 ans. La sélection des sujets de l'Expérience 1 et de l'Expérience 3 s'est faite sur la base d'un appariement avec l'âge, puis avec le sexe. Ainsi, 27 sujets ont été sélectionnés, avec neuf enfants dans chaque groupe : aveugle, malvoyant, voyant travaillant sans voir. Les moyennes d'âge des groupes varient entre 8,1 ans et 8,3 ans et les écarts-type des âges entre 14 mois et 16 mois (groupe des enfants aveugles : $M = 8,1$ ans ; $SD = 16$ mois ; groupe des enfants malvoyants : $M = 8,3$ ans ; $SD = 14$ mois ; groupe des enfants voyants travaillant sans voir : $M = 8,1$ ans ; $SD = 16$ mois). Ces groupes ne diffèrent pas significativement par rapport à l'âge ($p_s > .30$). Tous les enfants aveugles pratiquaient la lecture bimanuelle du braille. Les caractéristiques de chaque enfant pris en compte dans la comparaison se trouvent dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques des enfants pris en compte dans la comparaison.

ENFANTS AVEUGLES									
Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	6,3	6,8	7	7,7	8,5	8,5	9,2	9,8	10,2
Sexe	F	M	F	F	M	F	F	F	M
Latéralité	D	D	D	D	D	D	D	D	D

ENFANTS MALVOYANTS									
Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	7,1	7,4	7,4	7,4	8,4	8,5	9	9,9	10,3
Sexe	M	M	F	M	M	M	F	F	M
Latéralité	D	D	D	D	D	G	D	D	D

ENFANTS VOYANTS									
Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	6,2	6,8	6,11	8,1	8,4	8,4	8,11	9,10	10,3
Sexe	M	F	F	M	F	F	F	M	M
Latéralité	D	D	D	D	D	D	D	D	D

RESULTATS

Une ANOVA avec le Statut Visuel des enfants (3 : Aveugle, Malvoyant et Voyant) comme facteur inter-sujets a été réalisée avec les temps d'exploration et le nombre de stratégies. Des t de Student sont calculés pour les autres variables. Nous ne relaterons ici que les différences entre voyants et aveugles/malvoyants, les différences entre les aveugles et malvoyants ayant déjà été analysées.

1. Analyse de la qualité de l'exploration

▪ Exploration complète (vs partielle) de la forme et exploration dynamique (vs statique)

La fréquence d'une exploration complète de la forme chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants est présentée dans la Figure 21.

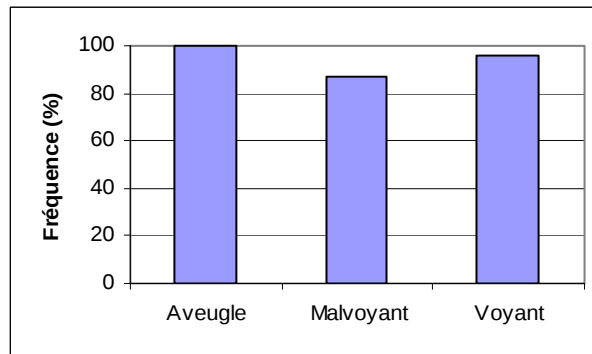


Figure 21 : Fréquence d'une exploration complète de la forme chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Aucune différence n'apparaît entre les enfants en ce qui concerne la fréquence d'une exploration complète de la forme, $t_s(16) < -1.3$, $p_s > .20$. Tous les enfants utilisent dans 100% des cas des mouvements dynamiques, résultat qu'il est donc inutile de montrer en graphique.

▪ Temps d'exploration (en secondes)

La Figure 22 présente le temps d'exploration de la forme (en secondes) en fonction du statut visuel des enfants.

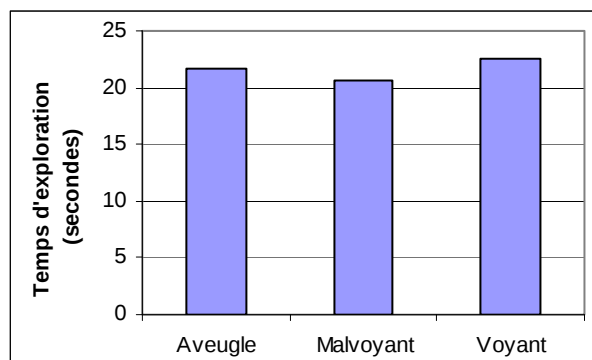


Figure 22 : Temps d'exploration (en secondes) chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Aucun effet significatif du statut visuel n'est mis en évidence en ce qui concerne le temps d'exploration, les enfants aveugles, malvoyants et voyants explorant les formes en moyenne une vingtaine de secondes, $F(2,24) < 1$.

▪ Présence d'une exploration bimanuelle (vs unimanuelle)

La fréquence d'une exploration bimanuelle chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants est présentée dans la Figure 23.

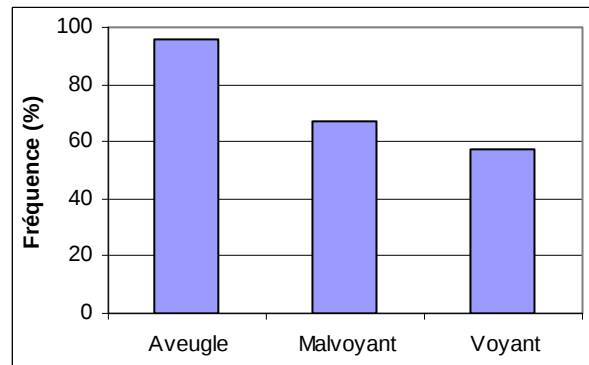


Figure 23: Fréquence d'une exploration bimanuelle chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Les enfants aveugles (96 %) explorent de manière bimanuelle les formes plus fréquemment que les enfants voyants (57 %), $t(16) = 2.9$, $p < .05$. En revanche, aucune différence entre les enfants malvoyants et voyants n'est mise en évidence, $t(16) < 1$.

▪ Nombre de stratégies différentes utilisées

La Figure 24 présente le nombre moyen de stratégies différentes utilisées par les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

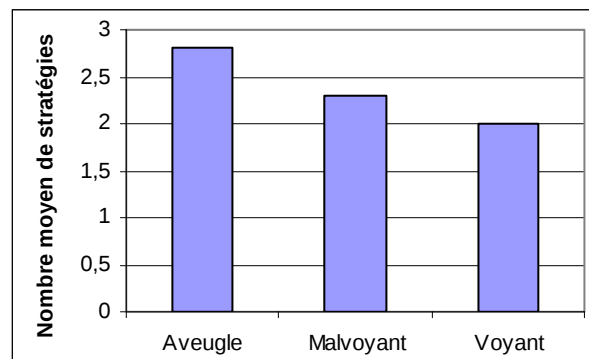


Figure 24 : Nombre moyen de stratégies différentes utilisées par les enfants aveugles, malvoyants et voyants

L'analyse statistique indique un effet tendanciellement significatif du statut visuel, les enfants aveugles ayant tendance à employer plus de stratégies différentes que les enfants voyants ($M = 2,8$ vs $M = 2$), $F(2,24) = 2.8$, $p = .07$.

2. Analyse des différentes stratégies exploratoires utilisées

La Figure 25 présente la fréquence d'utilisation de différentes stratégies exploratoires (suivi de contour, enveloppement de la forme globale, enveloppement de formes locales, pince, mouvements symétriques, balayage, contact statique) par des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

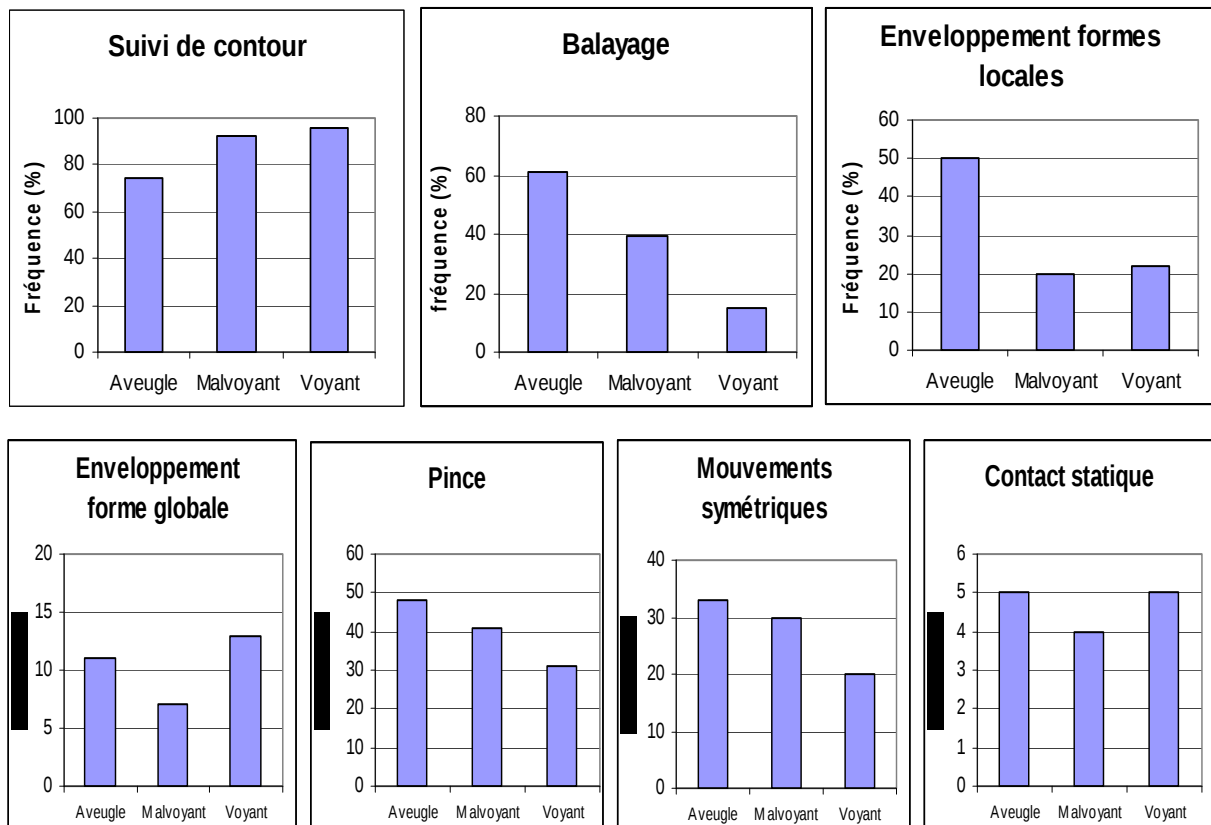


Figure 25 : Fréquence d'utilisation de différentes stratégies exploratoires par des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Le suivi de contour est significativement plus employé par les enfants voyants (96 %) que par les enfants aveugles (74 %), $t(16) = -2.9$, $p < .05$. A l'inverse, le balayage est plus fréquent dans les explorations des enfants aveugles que dans celles des enfants voyants (61 % vs 15 %), $t(16) = 2.7$, $p < .05$. De même, l'enveloppement de formes locales a tendance à être plus souvent utilisé par les enfants aveugles (50 %) que par les enfants voyants (22 %), $t(16) = 1.8$, $p = .08$. Aucune différence n'apparaît entre les enfants malvoyants et voyants pour l'utilisation de ces trois stratégies, $t_s(16) < 1.5$, $p_s > .10$. En ce qui concerne les autres stratégies exploratoires, aucune différence entre les statuts visuels n'est mise en évidence, $t_s(16) < 1.1$, $p_s > .20$.

DISCUSSION

Ce chapitre a présenté plusieurs expériences ayant pour objectif d'étudier le développement de l'exploration manuelle chez des enfants voyants et déficients visuels mais aussi de savoir si le statut visuel (voyant, malvoyant et aveugle) a une influence sur la qualité de l'exploration et modifie la hiérarchie des procédures exploratoires. La première partie de cette discussion sera consacrée à l'exploration manuelle chez les enfants voyants et la seconde à l'exploration manuelle chez les enfants déficients visuels.

1. Exploration manuelle chez les enfants voyants en fonction de l'âge et de la condition de dessin

Conformément à notre hypothèse, on observe dans les deux conditions (Différée ou avec Modèle disponible) une amélioration avec l'âge de la qualité de l'exploration, qui se caractérise par une augmentation des explorations de la forme entière (entre 4 et 5 ans) et des explorations bimanuelles. La littérature montre que l'exploration bimanuelle conduit à de meilleures performances qu'une exploration unimanuelle (Russier, 1999 ; Wijntjes et al., 2008), ce qui nous permet d'anticiper que les performances de dessin seront meilleures chez les enfants plus âgés. Avec l'âge, les enfants vont également utiliser de plus en plus de stratégies différentes, ce qui pourrait indiquer que l'enfant modifie son exploration et alterne entre différents types de recherche (générale, spécifique) pour construire la représentation de l'objet. Dans la condition avec modèle, un accroissement du nombre de retours sur la forme est observé à partir de 5 ans lorsque les activités d'exploration et de dessin sont effectuées en alternance. Cela pourrait refléter l'utilisation d'une stratégie de comparaison et de vérification entre le dessin et le modèle, qui serait de plus en plus importante avec l'âge.

Dès 4 ans, les enfants explorent de manière dynamique la forme dans les deux conditions de dessin. Il est important de rappeler qu'une démonstration des stratégies de suivi de contour et d'enveloppement de la forme globale et de formes locales a été réalisée chez les enfants voyants afin de faciliter la tâche de dessin. De ce fait, il n'est pas étonnant que les enfants explorent de manière dynamique dès 4 ans. Les enfants, à tous les âges, utilisent ainsi très fréquemment le suivi de contour (>70%). En revanche, l'enveloppement (de formes locales et de la forme globale) est peu employé par les jeunes enfants, surtout dans la condition différée (<30%). Contrairement à l'enveloppement des formes tridimensionnelles, l'enveloppement réalisé sur des formes bidimensionnelles mobilise uniquement les doigts et non la paume de la main. Les jeunes enfants n'ont pas l'habitude de réaliser ce type de stratégie lorsqu'ils explorent manuellement les objets de leur environnement. De plus, l'enveloppement global des formes utilisées dans nos expériences semble difficile à réaliser pour de

jeunes enfants qui possèdent de petites mains, ce que reflète le taux d'utilisation assez bas de cette stratégie (7% dans la condition différée et 14% dans la condition avec modèle). Il est donc probable que la faible utilisation de l'enveloppement soit liée à l'exploration de formes bidimensionnelles. Au contraire, l'exploration de formes tridimensionnelles devrait favoriser l'utilisation de l'enveloppement, qui correspond aux activités sensori-motrices habituelles de la main de l'enfant, dès le plus jeune âge.

D'autres stratégies sont apparues lors de l'exploration, notamment la pince, les mouvements symétriques, le balayage de la surface et le contact statique. On note que le contact statique, peu adapté à la tâche, est très peu utilisé par les enfants à tous les âges (5%). En revanche, le balayage de la surface, également peu performant pour traiter la forme, est davantage utilisé et ce à tous les âges (26%). Russier (2000) avait montré, chez des adultes, que cette stratégie était très utilisée (après le suivi de contour et l'enveloppement) dans une tâche de discrimination de cercles et d'ellipses. Elle avait attribué l'apparition de cette stratégie à un effet de nouveauté lié à une première expérience en condition « aveugle ». Nous proposons une autre hypothèse quant à l'utilisation de cette stratégie. Nous pensons en effet qu'elle pourrait aider l'enfant à reconnaître les frontières de la figure et à différencier la figure de l'arrière plan. Kennedy et Domander (1984) ont montré que l'utilisation de lignes de contour pouvait entraîner une confusion du premier plan et de l'arrière plan. La seule différence lors de l'exploration de formes en lignes de contour et de formes pleines est la possibilité de toucher la surface de la forme, en plus de ses contours, lorsque les figures sont pleines. Ainsi, le balayage de la surface pourrait jouer un rôle dans l'identification d'une région commune et faciliter ainsi le traitement haptique.

Les résultats révèlent une amélioration avec l'âge de l'exploration haptique. A l'instar de l'étude de Piaget et Inhelder (1947), nos recherches indiquent que l'utilisation du suivi de contour devient systématique vers 5-6 ans (5 ans dans la condition différée et 6 ans dans la condition avec modèle). On observe également une augmentation avec l'âge de l'exploration locale conformément aux données de la littérature (Morrongiello et al., 1994 ; Piaget & Inhelder, 1947). En effet, avec l'âge, les enfants de nos études utilisent de plus en plus fréquemment l'enveloppement de formes locales et de la pince, permettant ainsi le traitement des parties saillantes de la forme. Pour Piaget et Inhelder (1947), l'exploration efficiente apparaît à partir de 7 ans, âge à partir duquel l'exploration devient méthodique et dirigée par un système. Nos résultats vont également dans ce sens puisqu'ils montrent un emploi plus fréquent chez les enfants âgés des mouvements symétriques. L'utilisation de cette stratégie révèle la capacité de l'enfant à coordonner ses mouvements et à planifier ses mouvements d'exploration. De plus, la mise en œuvre de cette stratégie est pertinente car elle permet d'augmenter de la vitesse de traitement et de réduire, par conséquent, la surcharge mnésique (Heller, 1989). Ainsi, conformément aux étapes décrites par Piaget et Inhelder (1947), nous observons, chez les enfants de notre étude, une

capacité croissante avec l'âge à organiser leur exploration et à sélectionner des stratégies pertinentes et spécialisées.

Quelques différences apparaissent entre les conditions de dessin. Il convient tout d'abord de rappeler que l'organisation des activités d'exploration et de dessin est libre dans la condition avec modèle tandis que, dans la condition différée, l'exploration se fait toujours avant le dessin. Dans la condition avec modèle, les résultats montrent que l'organisation en alternance des activités est privilégiée, surtout chez les jeunes. Néanmoins, à partir de 6 ans, elle n'est pas significativement plus fréquente qu'une organisation simultanée des activités. Cela peut s'expliquer par le développement des capacités cognitives et attentionnelles qui permettent à l'enfant de gérer deux activités différentes dans un même temps. Nous pensons que le type d'organisation des activités dans les conditions de dessin pourrait être à l'origine du nombre et du choix des stratégies mises en œuvre. Les résultats indiquent que le nombre de stratégies est plus important dans la condition avec modèle que dans la condition différée. Dans la condition avec modèle, l'enfant privilégie souvent une organisation des activités en alternance. Ainsi, après avoir élaboré une représentation de la forme, il peut mettre en œuvre des stratégies supplémentaires pour vérifier l'adéquation du dessin avec le modèle. Cela pourrait expliquer que le nombre de stratégies utilisées soit plus important dans la condition avec modèle que dans la condition différée. A l'instar des résultats de Richard et coll. (2004) chez les adultes, nous suggérons que les enfants ont recours à une stratégie d'enveloppement de la forme globale pour cette étape de vérification. Cette hypothèse est renforcée par le fait que cette stratégie est plus fréquente dans la condition avec modèle que dans la condition différée. L'enveloppement de formes locales est également plus souvent utilisé dans la condition avec modèle, tandis que le suivi de contour et les mouvements symétriques sont plus fréquents dans la condition différée. Dans la condition avec modèle, l'enveloppement des formes locales pourrait être utilisé lorsque l'enfant exécute son exploration en même temps que son dessin, car cette stratégie ne nécessite que l'utilisation d'une seule main, contrairement au suivi de contour et aux mouvements symétriques. Dans la condition différée, l'enfant ne peut toucher la forme qu'une seule fois. Dans ce cas, l'exploration serait dirigée uniquement vers la construction d'une représentation de la forme. De ce fait, l'enfant va privilégier les stratégies dites optimales (suivi de contour, mouvements symétriques) pour le traitement de la forme exacte.

Les stratégies utilisées par les enfants étant incompatibles sur le plan moteur, il n'est pas surprenant non plus que le temps d'exploration augmente avec le nombre de stratégies mis en œuvre, expliquant ainsi le temps d'exploration plus important dans la condition avec modèle que dans la condition différée.

2. Evolution avec l'âge de l'exploration manuelle chez les enfants déficients visuels

Les travaux de Berla (1972, 1974 ; Berla & Murr, 1972) établissent que les enfants aveugles âgés de 6 à 12 ans ont de faibles performances de discrimination de formes tactiles. Beaucoup d'enfants n'explorent pas entièrement la forme et n'ont pas de méthode d'exploration. Au contraire, nos résultats montrent que les enfants aveugles et malvoyants ont une exploration efficiente. Les travaux de Berla sont assez anciens, il est donc possible que les différences au niveau de l'éducation des enfants déficients visuels soient à l'origine des résultats contradictoires. En effet, de nos jours, l'importance du toucher est largement reconnue et intégrée dans les méthodes éducatives. Conformément à nos attentes, les enfants déficients visuels dès 6-9 ans explorent les formes entièrement et de manière dynamique. De plus, ils utilisent majoritairement le suivi de contour, stratégie la plus adaptée au traitement de la forme exacte (>70%), tandis que les stratégies moins efficaces telles que l'enveloppement de la forme globale et le contact statique sont peu employées (<18%). En revanche, le balayage de la surface, peu pertinent pour le traitement de la forme, est quand même assez fréquemment utilisé par les enfants aveugles (49%) et malvoyants (40%). Ce résultat nous permet de réfuter l'hypothèse de Russier (2000) relative à l'utilisation de cette stratégie chez les voyants travaillant sans voir. Cette dernière étant très utilisée par les enfants déficients visuels, elle ne peut pas être due à un effet de la nouveauté. Bien que l'exploration soit déjà adaptée à 6-9 ans, on observe une amélioration avec l'âge de l'exploration (augmentation de l'utilisation de la pince et des mouvements symétriques chez les malvoyants et du suivi de contour chez les aveugles).

Quelques différences entre les enfants malvoyants et aveugles sont mises en évidence. Conformément à notre hypothèse, les enfants aveugles explorent de manière bimanuelle dès 6-9 ans, alors qu'une évolution avec l'âge est nécessaire chez les enfants malvoyants pour que l'exploration bimanuelle soit aussi fréquente que chez les aveugles. Cette différence provient probablement de la pratique bimanuelle de la lecture en braille chez les aveugles. Des différences au niveau de l'utilisation des stratégies sont également révélées par les résultats. Les enfants malvoyants emploient plus fréquemment la pince que les enfants aveugles à 10-13 ans. A l'inverse, les stratégies d'enveloppement (de formes locales et de la forme globale) sont davantage mises en œuvre à tous les âges par les enfants aveugles (46% et 18%) que par les enfants malvoyants (27% et 7%). Ces résultats suggèrent que les enfants malvoyants vont mettre en œuvre des stratégies plus spécialisées avec l'âge que ne le font les enfants aveugles, qui emploient à tous les âges des stratégies plus globales. La pince explore une partie plus précise de la forme que l'enveloppement. De ce fait, le champ perceptif est assez réduit avec l'utilisation de la pince, ce qui augmente la séquentialité de l'exploration, entraînant une augmentation du temps d'exploration plus important chez les malvoyants que chez les aveugles à 10-13 ans.

Enfin, nos résultats révèlent plusieurs similitudes dans l'exploration manuelle des enfants aveugles, malvoyants et voyants, à l'instar de la littérature (Morrongiello et al., 1994). Les enfants explorent de manière dynamique les formes et avec un temps d'exploration d'environ 20 secondes, quel que soit leur statut visuel. De même, l'exploration complète de la forme est très fréquente chez tous les enfants. Les stratégies de contact statique et d'enveloppement de la forme globale sont celles qui sont les moins utilisées par les enfants. On remarque néanmoins quelques différences dues à l'expérience tactile (exploration d'objets et lecture en braille) des enfants aveugles. En effet, les enfants aveugles explorent bimanuellement les formes plus fréquemment que les enfants malvoyants et voyants. Ils utilisent également un nombre de stratégies plus important que les enfants voyants. Bien que le suivi de contour soit fréquemment mis en œuvre par les enfants aveugles (>70%), il est néanmoins plus souvent employé par les autres enfants. Cela s'explique par le fait que les enfants aveugles vont davantage diversifier leurs procédures exploratoires, en employant, entre autres, le balayage de la surface et l'enveloppement de formes locales plus fréquemment que les enfants voyants.

Nous pouvons conclure que l'exploration des formes chez les enfants déficients visuels est plutôt adaptée et efficace dès 6-9 ans. On note également une utilisation importante du balayage de la surface, non pertinente pour le traitement de la forme. Cette stratégie pourrait néanmoins faciliter le traitement haptique en permettant l'identification d'une région commune.

CHAPITRE 2 : Développement des aspects syntaxiques du dessin

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons au développement des aspects syntaxiques du dessin chez les enfants voyants et déficients visuels.

INTRODUCTION

La syntaxe du dessin peut être étudiée à un niveau local, recouvrant la manière dont chaque segment est tracé et à un niveau global, correspondant à l'ordre dans lequel les unités sont exécutées pour produire un pattern plus ou moins complexe. Nous examinerons tout d'abord l'organisation syntaxique chez les voyants (au niveau local et global, ainsi que la relation entre syntaxe et sémantique), puis nous présenterons une étude réalisée chez les enfants aveugles. Enfin, nous exposerons notre problématique.

1. Développement de l'organisation syntaxique chez les voyants

1.1. Organisation syntaxique du dessin au niveau local

Différents auteurs ont montré que les productions graphiques peuvent être interprétées en termes de règles, constituant une sorte de « grammaire de l'action » (Goodnow & Levine, 1973 ; Van Sommers, 1984). Ces règles vont orienter et structurer les choix exécutés au fur et à mesure que l'on dessine. Elles sont regroupées dans trois catégories. La première catégorie détermine la localisation du point de départ de la figure et comporte trois règles : démarrer par le point situé le plus en haut, par le point situé le plus à gauche et par une ligne verticale. La deuxième catégorie, composée de quatre règles, s'intéresse à la progression du mouvement. Les deux premières règles consistent à dessiner toutes les lignes horizontales de gauche à droite et à dessiner toutes les lignes verticales de haut en bas. La troisième règle concerne les figures présentant un sommet (comme le triangle par exemple) et consiste à débiter en haut et à descendre selon un trait oblique vers la gauche. Enfin, la quatrième règle, appelée « principe de départ-rotation », Start Rotation Principle (SRP), décrit le point de départ et le sens de rotation utilisés lors de la production de figures géométriques fermées comme le cercle. Selon ce principe, les droitiers commencent le cercle à droite d'un axe virtuel allant de 11h à 5h (en référence au cadran d'une montre) et effectuent une rotation anti-horaire, alors que ceux initiant la production à gauche de cet axe effectuent une rotation horaire. Pour les gauchers, quand le point de départ est situé entre 1h et 5h, le sens de rotation est anti-horaire, sinon il est horaire. Enfin, la dernière catégorie porte sur la séquence graphique entière et correspond au principe de continuité. Selon ce principe, le sujet ancre le mouvement à produire sur celui précédemment exécuté en minimisant le

nombre de levers de crayon. Ce principe permet de minimiser l'incertitude spatiale quant au positionnement du crayon et le coût relatif à une reprogrammation du mouvement. L'utilisation de ces règles est soumise à la fois à un principe d'économie et aux contraintes biomécaniques. Le principe d'économie guide le mouvement de façon à ce que le sujet fournisse le moins d'effort possible pour atteindre son but, en limitant le nombre de commandes exécutives (Thomassen & Tibosch, 1991 ; Thomassen, Meulenbroek, & Hoof, 1992). Il s'agira, par exemple, d'exécuter le même programme moteur plusieurs fois lors de la production d'une figure. D'autres règles dépendent davantage de facteurs biomécaniques liés au système effecteur, telles que les règles de progression gauche/droite et haut/bas (Thomassen, 1992 ; Braswell & Rosengren, 2002).

Evolution avec l'âge des règles graphiques

Le développement le plus fort de ces règles intervient entre 3 et 8 ans, mais ne s'effectue pas de manière monotone ou continue. Entre 3 et 6 ans, il y a une migration progressive des départs avec l'âge vers le haut-gauche (Goodnow & Levine, 1973 ; Vinter, 1994), bien que la force respective de ces règles évolue. A 3 ans, les enfants initient davantage le dessin en bas, à droite. Leur comportement graphique est régulé par l'axe du corps, ils utilisent des références égocentrées. A 4-5 ans, ils privilégient la règle de départ à gauche, tandis qu'à 6 ans, ils préfèrent commencer par le point le plus haut ou en haut à gauche. L'application du principe de continuité augmente jusqu'à 6 ans pour décliner par la suite (après 8 ans), tandis que les règles de progression du mouvement gagnent de plus en plus d'importance. Le SRP est de plus en plus respecté entre 5 et 9 ans, avec davantage de départs situés en haut du pattern (Meulenbroek, Vinter, & Mounoud, 1993).

Nihei (1980, 1983) a défini trois phases dans le développement de la syntaxe chez l'enfant. La première phase (à 5 ans) consiste en une stratégie d'ancrage fixe dans laquelle la deuxième unité commence par le point où la première unité avait démarré. Puis apparaît la stratégie d'ancrage fluide (6 ans) où les lignes sont dessinées successivement depuis la fin de la ligne dessinée immédiatement avant. Dans cette seconde phase, c'est le principe de continuité qui domine. Enfin, la troisième phase est marquée par l'application d'une stratégie de départ « balistique » où ce sont les règles de progression du mouvement, du haut vers le bas et de la gauche vers la droite qui sont prédominantes. Ainsi, le point de départ de l'unité suivante est déterminé dans l'espace par ces règles et son tracé débute de ce point jusqu'à l'extrémité de la ligne précédemment produite. Vinter (1994) décrit un développement similaire aux étapes décrites par Nihei (1983). A 4 ans, le comportement de dessin des enfants est basé sur une planification locale et une construction segment par segment. Entre 6 et 8 ans, les enfants peuvent planifier au niveau de la figure et les segments sont reliés entre eux. Le principe de continuité domine à cette étape. Vers 9 ans, les enfants privilégient les règles de progression. Il y a une coordination entre la planification au niveau de la figure et la planification au niveau du segment qui permet aux enfants d'appliquer les règles de façon plus flexible.

1.2. Organisation syntaxique du dessin au niveau global

L'organisation syntaxique à un niveau plus global se réfère à l'ordre de production des unités du dessin. Van Sommers (1984) décrit le principe d'accrétion qui guide le séquençage des unités graphiques. Ce principe dépend à la fois des facteurs géométriques et sémantiques et consiste à produire une unité à partir de l'unité dessinée précédemment. Il suggère également qu'un autre principe, d'ordre sémantique, rend compte de l'ordre de production des unités d'un dessin. Il s'agit du principe de progression du corps vers la périphérie qui implique que le sujet dessine en priorité les unités centrales ou génériques de l'objet (à fort poids sémantique) sur les unités périphériques (à faible poids sémantique). Les unités dites génériques sont indispensables à l'identité de base de l'objet alors que les unités périphériques enrichissent l'objet par leur présence mais ne sont pas nécessaires à la reconnaissance de l'objet. Par exemple, pour le dessin d'une maison, les unités génériques sont le corps, le toit, et la porte et les unités périphériques peuvent être la cheminée, la fumée, les volets, les carreaux, la serrure de la porte...

On observe une stabilité dans l'ordre de production en ce qui concerne l'exécution de dessin très familiers, tels que le bonhomme et la maison (Barrett & Eames, 1996). On parle alors de routines graphiques. Au cours du développement, les séquences graphiques vont devenir progressivement de plus en plus flexibles (Van Sommers, 1984 ; Karmiloff-Smith, 1990 ; Picard & Vinter, 1999 ; Vinter & Picard, 1996; Zhi, Thomas & Robinson, 1997). Enfin, le dernier principe énoncé par Van Sommers (1984) est le principe de l'élaboration du sous-système qui stipule que les unités liées géométriquement ou sémantiquement sont dessinées ensemble de façon séquentielle. Dans le dessin d'objets familiers, Picard et Vinter (2006) ont montré que les principes basés sur la sémantique, comme le principe de la progression centre-périphérie, prédominent lorsque les enfants dessinent dans une condition de dessin de mémoire. En revanche, dans une tâche de copie, c'est le principe de l'élaboration du sous-système qui prévaut. Cela suggère que la nature de la tâche du dessin (de mémoire ou copie), contribue à déterminer si la syntaxe est conduite davantage par la force sémantique ou par celle géométrique.

Magnan, Balby & Chatillon (1999) ont mis en évidence un autre principe d'organisation pour le dessin d'un modèle géométrique complexe, constitué de figures simples emboîtées (un cercle, un rectangle ou un carré, un triangle et losange). Ce principe, appelé Principe d'Exécution Centripète (PEC), consiste à commencer par la figure extérieure pour progresser vers la figure intérieure. Selon ce principe, la figure extérieure délimite l'espace de dessin dans l'espace de la feuille et va servir de cadre de référence dans lequel l'enfant réalise la figure suivante, et ainsi de suite. Ce principe apparaît dès l'âge de 4 ans et devient rapidement dominant pour se stabiliser vers 8 ans (Magnan et al., 1999). Il apparaît plus tardivement lorsque le dessin est réalisé de mémoire plutôt que de copie. Néanmoins, il n'y a plus

de différences entre les conditions de dessin chez les enfants de 8 ans. Dans une autre étude, Bouaziz et Magnan (soumis) ont étudié le rôle de la vision dans le PEC chez des enfants de 6 et 8 ans lors de la copie de dessins géométriques complexes, après une exploration visuelle ou haptique et avec ou sans feedback visuel durant l'exécution. Les résultats montrent que la dominance du PEC est présente même quand les enfants sont dépourvus d'informations visuelles. Cette recherche suggère que le PEC est déterminé par un mécanisme amodal, commun à la modalité visuelle et haptique.

1.3. Relation entre syntaxe et sémantique

L'activité graphique peut être comprise comme le produit d'une interaction entre des processus top-down (influences sémantiques qui vont déterminer les aspects représentationnels du dessin) et des processus bottom-up (influences perceptives, biomécaniques et motrices qui vont contraindre la production des mouvements graphiques). Vinter (1999) a montré que lorsqu'il y a conflit entre les règles graphiques et la façon dont le sens impose une segmentation du dessin, ce sont les processus bottom-up qui dominent par rapport aux influences top down chez les jeunes enfants (6 ans). Ces derniers ne modifient alors que peu leur comportement graphique en fonction du sens. Quand les règles syntaxiques ont acquis une certaine stabilité, le comportement graphique de l'enfant (9-10 ans) peut être plus aisément perméable aux influences de plus haut niveau. Le séquençage des tracés déterminé par la sémantique peut même, dans certains cas, aller à l'encontre de certaines régularités syntaxiques dictées par la géométrie du modèle.

2. Développement des aspects syntaxiques chez les enfants déficients visuels

A notre connaissance, une seule étude s'est intéressée au développement des aspects syntaxiques chez les enfants déficients visuels. Il s'agit de la recherche de Bouaziz, Russier et Magnan (2005) qui étudie l'application du PEC lors de copie de formes géométriques complexes constituées de figures simples emboîtées (un cercle, un rectangle ou un carré, un triangle et losange) chez des enfants de 9 ans. Les 27 enfants qui ont participé à cette expérience étaient répartis dans trois groupes en fonction de leur statut visuel : voyants, malvoyants et aveugles. Les enfants aveugles avaient perdu leur vision avant l'âge d'un an et utilisaient le braille. Les enfants malvoyants étaient également devenus déficients visuels avant l'âge d'un an et possédaient tous un minimum de perception, bien que l'étendue de leurs restes visuels variait d'un enfant à l'autre (acuité visuelle corrigée de l'œil gauche entre 1/40 et 1/20 et de l'œil droit entre 1/20 et 4/10). Les sujets devaient copier des dessins de formes géométriques complexes en lignes de contour qu'ils exploraient tactilement, sans possibilité d'avoir un contrôle visuel. Les dessins étaient réalisés à l'aide d'un dispositif permettant de tracer un trait en relief, en déplaçant un stylo à bille sur une feuille spéciale posée sur un support en plastique souple. Les

expérimentateurs ont relevé l'ordre adopté par les sujets pour la copie des formes géométriques. Les résultats révèlent que le PEC est appliqué majoritairement dans le groupe des enfants aveugles et voyants travaillant sans voir mais pas dans celui des enfants malvoyants. Ils suggèrent que le PEC n'est pas déterminé par l'imagerie visuelle, mais par un mécanisme plus général basé sur l'expérience perceptive des enfants. On ne comprend toutefois guère, dans cette perspective, pourquoi le PEC ne serait pas appliqué par les enfants malvoyants alors qu'il l'est pour les enfants voyants travaillant sans voir.

3. Présentation de la problématique

Comme nous venons de le voir, l'influence d'une exploration visuelle ou haptique et celle du statut visuel sur le développement des aspects syntaxiques ont été étudiées uniquement à un niveau d'organisation globale, à travers l'application du PEC et dans une seule recherche. Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'organisation syntaxique du dessin à un niveau local, en analysant plus spécifiquement la localisation des points de départ du tracé (règles de départ à gauche et de départ en haut) et l'organisation de la séquence graphique en considérant le principe de continuité. Dans une première partie, nous examinerons, chez les enfants voyants, l'effet du type de tâche (dessin de mémoire ou avec le modèle disponible) et de la modalité d'exploration (visuelle ou haptique) dans l'exécution de dessins de formes géométriques non familières. A l'instar des résultats de Magnan et al. (1999), nous pensons que l'application des différents principes syntaxiques étudiés est déterminée par un mécanisme amodal et par conséquent qu'elle ne sera pas influencée par la modalité d'exploration (tactile vs visuelle). Plus précisément, la règle de départ à gauche devrait être appliquée dès 4-5 ans et la règle de départ en haut devrait être de plus en plus respectée à partir de 6 ans. L'application du principe de continuité devrait être important jusqu'à 8 ans, âge à partir duquel elle devrait diminuer (Goodnow & Levine, 1973).

Dans une seconde partie, nous nous intéresserons au développement des règles syntaxiques chez des enfants déficients visuels dans une condition de dessin différé. L'organisation des règles syntaxiques au niveau local étant soumise à la fois un principe d'économie et aux contraintes biomécaniques, nous pensons que le développement de l'application de ces règles chez les enfants déficients visuels devrait être similaire à ce qui est observé chez les enfants voyants. De plus, elle ne devrait pas différer en fonction du statut visuel (aveugles et malvoyants). Ainsi, les règles de départ à gauche et en haut devraient être appliquées dès 6-9 ans. Le principe de continuité devrait également être dominant à 6-9 ans puis diminuer à 10-13 ans.

Pour finir, une comparaison entre les différents statuts visuels (aveugles, malvoyants, voyants travaillant avec ou sans vision) sera réalisée afin de vérifier le rôle de l'imagerie visuelle dans l'exécution d'un dessin.

I. Evolution des règles syntaxiques en fonction de la modalité d'exploration (haptique ou visuelle) chez des enfants voyants dans une condition de dessin différé (Expérience 1) ou de dessin avec modèle disponible (Expérience 2).

METHODE

Sujets

120 enfants, âgés entre 4 et 10 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à chaque expérience. Ils étaient tous droitiers, de langue maternelle française et provenaient de familles de classe socioprofessionnelle moyenne. Ils avaient ni avance, ni retard scolaire et n'avaient pas de problème de vision. La moitié des sujets ont passé l'expérience dans la modalité haptique (N = 60) et l'autre moitié dans la modalité visuelle (N = 60). Dans chaque modalité d'exploration, douze enfants (six filles et six garçons) de cinq classes de niveaux scolaires différents ont été recrutés (4 ans/moyenne section de maternelle ; 5 ans/grande section de maternelle ; 6 ans/cours préparatoire ; 8 ans/Cours élémentaire 2^{ème} année ; 10 ans/cours moyen 2^{ème} année). Les caractéristiques des enfants des Expériences 1 et 2 sont présentées respectivement dans les tableaux 6 et 7.

Tableau 6 : Caractéristiques des enfants ayant participé à l'Expérience 1.

Modalité d'exploration	Groupe d'âge	Effectif	Age moyen (en année et en mois)	Ecart-type des âges (en mois)
Exploration Tactile N = 60	4 ans	12	4,5	3
	5 ans	12	5,5	3
	6 ans	12	6,7	2
	8 ans	12	8,6	4
	10 ans	12	10,2	5
Exploration Visuelle N = 60	4 ans	12	4,5	3
	5 ans	12	5,4	3
	6 ans	12	6,7	3
	8 ans	12	8,5	3
	10 ans	12	10,6	4

Tableau 7 : Caractéristiques des enfants ayant participé à l'Expérience 2.

Modalité d'exploration	Groupe d'âge	Effectif	Age moyen (en année et en mois)	Ecart-type des âges (en mois)
Exploration Tactile N = 60	4 ans	12	4,6	3
	5 ans	12	5,2	2
	6 ans	12	6,5	2
	8 ans	12	8,8	2
	10 ans	12	9,11	4
Exploration Visuelle N = 60	4 ans	12	4,8	4
	5 ans	12	5,5	3
	6 ans	12	6,8	2
	8 ans	12	8,7	4
	10 ans	12	10,1	4

Matériel

Nous avons utilisé des formes géométriques en relief (six formes pour une phase d'entraînement et six autres pour la phase expérimentale), les mêmes que celles décrites dans le chapitre précédent consacré aux activités exploratoires. Pour cacher les formes de la vue de l'enfant dans la modalité tactile, un panneau en carton maintenu verticalement et contenant une ouverture pour les mains est utilisé. Des feuilles blanches et un stylo ont été fournis aux enfants pour dessiner. Pour plus de détails, se référer à la p. 50.

Procédure

Dans la modalité tactile des deux expériences, l'expérimentateur a expliqué la tâche et montré comment exécuter la stratégie d'enveloppement (de la forme globale et des formes locales) et la stratégie de suivi de contour. Par la suite, les enfants ont effectué une phase d'entraînement, puis enchaîné avec la phase expérimentale. Les enfants passaient leurs mains dans l'ouverture du panneau et l'expérimentateur les plaçait sur la forme à explorer. Dans la première expérience, l'enfant explorait d'abord la forme, puis la dessinait sans avoir la possibilité de la retoucher à nouveau. En revanche, dans la seconde expérience, la forme modèle était disponible lors du dessin. Ainsi, les enfants pouvaient toucher la forme d'une main et dessiner de l'autre et ils avaient également la possibilité de dessiner et de revenir sur la forme autant de fois qu'ils le souhaitaient. Pour plus de détails sur la procédure dans la modalité tactile, nous pouvons nous référer à la description p. 52-53.

Dans la modalité visuelle des deux expériences, les enfants étaient assis devant une table et l'expérimentateur leur expliquait la tâche. Dans la première expérience (condition différée), la consigne donnée était la suivante: «Aujourd'hui, nous allons faire un jeu. On va voir si tu arrives bien

à retenir dans ta tête ce que tu vois. Je vais placer une forme sur la table que tu peux regarder autant de temps que tu veux mais tu n'as pas le droit de la toucher. Après, je vais enlever la forme et tu devras la dessiner exactement comme elle est, sans le modèle. Une fois que la forme est enlevée, tu ne pourras plus la revoir. C'est pour cela que tu dois bien la regarder et quand tu es sûr de t'en souvenir, tu me le dis et je te donnerai une feuille et un stylo pour la dessiner. Quand tu auras fini ton dessin, je te donnerai une nouvelle forme à regarder ». Dans la seconde expérience (condition avec modèle disponible), l'expérimentateur donnait la consigne suivante : «Je vais placer une forme sur la table que tu devras dessiner exactement comme elle est. Tu peux la regarder autant de temps que tu veux mais tu n'as pas le droit de la toucher. Quand tu auras fini ton dessin, je te donnerai une nouvelle forme à regarder». Dans les deux expériences, les enfants débutaient par une phase d'entraînement puis enchaînaient avec la phase expérimentale.

Dans les deux modalités des deux expériences, les formes étaient placées dans une orientation particulière, comme illustré dans la Figure 5 p. 51. Une fois le dessin achevé, une nouvelle forme était présentée pour l'exploration haptique ou visuelle et ainsi de suite pour les autres formes. Les formes étaient présentées dans un ordre aléatoire. Aucune limite de temps n'était imposée aux enfants pour le dessin et ils étaient autorisés à le recommencer s'ils déclaraient s'être trompés. La passation était individuelle et durait en moyenne 20-25 minutes dans la condition tactile et 15 minutes dans la condition visuelle.

Codage des données

Au fur et à mesure que l'enfant dessine, l'expérimentateur reproduit le dessin de l'enfant en codant la syntaxe. Il note un point • pour indiquer le point de départ d'un tracé et signale la direction du tracé par une flèche →. Il inscrit l'ordre de chaque tracé et indique la fin d'un tracé par une barre /. On considère un tracé comme étant nouveau s'il n'est pas effectué à la suite du mouvement précédent, c'est-à-dire s'il y a une rupture avec le mouvement précédent. Un levé de crayon n'est pas forcément considéré comme un nouveau tracé. En effet, si le tracé s'enchaîne à partir du mouvement précédent, c'est-à-dire en continuité avec celui-ci, alors il n'est pas considéré comme un nouveau tracé. Toutes les passations ont été filmées, ce qui a permis à l'expérimentateur de vérifier en cas de doute, et corriger éventuellement, le codage obtenu en direct.

Nous nous sommes intéressées à l'application des règles de points de départ (**départ à gauche** et **départ à haut**). Si ces règles sont respectées, l'expérimentateur code 1 sinon 0. Il est important de préciser que ces deux règles ont été codées en rapport à la géométrie de la figure réellement produite par l'enfant. En effet, comme on le verra en chapitre 3, de grosses déformations dans les dessins existent à certains âges (chez les plus jeunes surtout). Il n'est pas toujours évident de retrouver le

modèle dans la figure produite par ces jeunes enfants. Ainsi, c'est la syntaxe appliquée au dessin réalisé effectivement qui est analysée ici.

Nous avons également évalué la **continuité des tracés**. Un dessin est continu s'il n'y a pas de rupture dans le mouvement. On identifie le nombre d'éléments que l'enfant a représentés dans son dessin. Pour chacun de ces éléments que nous appellerons « unités de dessin », nous vérifions si elles ont été effectuées en continuité ou non. Les unités qui servent à relier deux autres unités, inévitablement réalisées en discontinuité, ne sont pas incluses dans l'évaluation de la continuité du dessin.

On cote 1 lorsque le dessin est en continu (réalisé en un seul tracé) et 0 lorsqu'il est discontinu (réalisé avec deux tracés ou plus). Dans le cas où il y a plusieurs unités dans le dessin, on additionne le score obtenu pour chaque unité, et on divise ce score avec le nombre total d'unités pour obtenir un score global de continuité pour le dessin. Un score global égal à 1 signifie que le dessin a été dessiné en continu. Plus le score s'éloigne de 1, plus le dessin est réalisé de façon discontinue. Des exemples de cotation sont illustrés dans l'Annexe 2, p. 289.

Les codages syntaxiques ont été faits par deux juges travaillant séparément. Le pourcentage d'accord pour les règles de départ est de 90 % et de 99 % pour la continuité. Les désaccords ont été résolus avant l'analyse.

RESULTATS

Une ANOVA avec l'Age des sujets (5 : 4, 5, 6, 8, 10 ans), la Modalité d'exploration (2 : Visuelle vs Tactile) et la Condition de dessin (2 : avec Modèle vs Différé) comme facteurs inter-sujets a été réalisée sur les différentes règles syntaxiques. Chaque groupe d'enfants a également été analysé séparément. Ainsi, une ANOVA avec l'âge des sujets (5) comme facteurs inter-sujets a été réalisée dans la condition différée après une exploration visuelle, dans la condition différée après une exploration tactile, dans la condition avec modèle disponible après une exploration visuelle et dans la condition avec modèle après une exploration tactile.

▪ **Application de la règle de départ à gauche**

La Figure 26 présente l'évolution avec l'âge de l'application de la règle de départ à gauche, en fonction de la modalité d'exploration (tactile vs visuelle), dans une condition Différée (Expérience 1) ou dans une condition avec Modèle (Expérience 2).

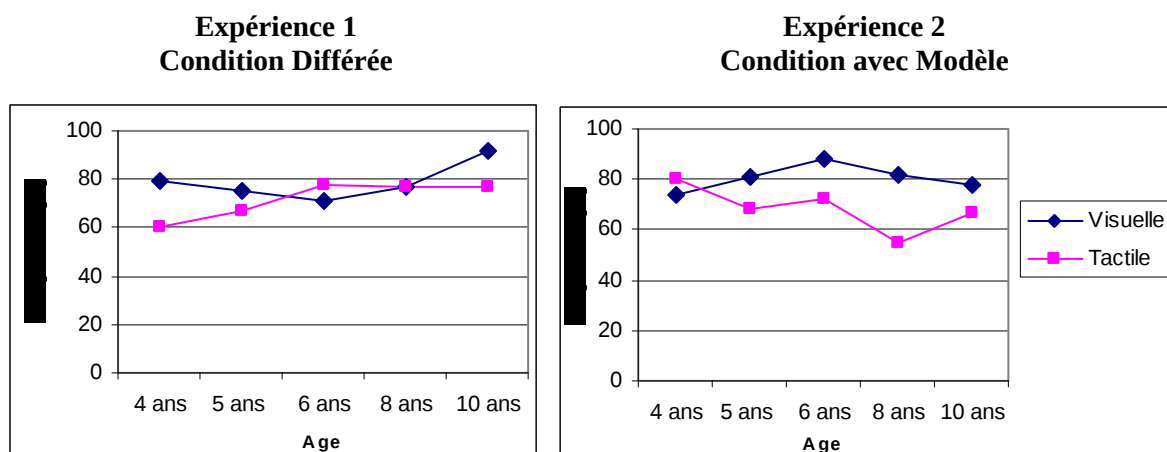


Figure 26 : Evolution avec l'âge de l'application de la règle de départ à gauche en fonction de la modalité d'exploration (tactile vs visuelle) dans une condition Différée ou dans une condition avec Modèle.

Aucun effet de l'âge, $F(4,219) < 1$, ni de la condition de dessin, $F(1,219) < 1$, n'est mis en évidence. En revanche, la règle de départ à gauche est davantage appliquée après une exploration visuelle qu'une exploration tactile (80% vs 70%), $F(1,129) = 8$, $p < .05$. L'analyse séparée de chaque expérience, selon les deux modalités, ne révèle aucun effet de l'âge, $F_s(4,55) < 1.3$, $p_s > .20$.

Des tests de Student ont été réalisés chez tous les enfants afin de vérifier si la règle de départ est respectée de manière consistante (c'est-à-dire si la fréquence d'application est significativement supérieure à 50%). Les analyses montrent que les enfants ayant exploré visuellement les formes appliquent la règle à tous les âges dans la condition différée, $t_s(11) > 3$, $p_s < .05$, et dans la condition avec modèle, $t_s(11) > 2.7$, $p_s < .05$. Après une exploration tactile, les enfants respectent la règle à partir de 5 ans dans la condition différée, $t_s(11) > 2.2$, $p_s < .05$, et à tous les âges sauf à 8 ans ($t(11) < 1$) dans la condition avec modèle disponible, $t_s(11) > 2.4$, $p_s < .05$.

▪ Application de la règle de départ en haut

L'évolution avec l'âge de l'application de la règle de départ en haut, en fonction de la modalité d'exploration (tactile vs visuelle), dans une condition Différée (Expérience 1) ou dans une condition avec Modèle (Expérience 2), est présentée dans la Figure 27.

Les analyses ne révèlent pas d'effet de l'âge, $F(4,220) = 1.4$, $p > .20$, de la condition de dessin, $F(1,220) < 1$, ni de la modalité d'exploration, $F(1,220) = 1.4$, $p > .20$. Aucun effet de l'âge n'apparaît lorsque l'on analyse séparément les différents groupes, $F_s(4,55) < 1$, sauf chez les enfants ayant exploré visuellement les formes dans la condition avec modèle disponible, où l'on observe une augmentation significative de l'application de la règle de départ en haut entre 6 et 10 ans, $F(4,55) = 2.6$, $p < .05$.

Des tests de Student indiquent que cette règle de départ en haut n'est pas appliquée de manière consistante par les enfants de tous les âges après une exploration visuelle, que ce soit dans une

condition différée, $t_s(11) < 1$, ou avec modèle, $t_s(11) < 1.7$, $p_s > .10$. De même, à tous les âges, les enfants ayant exploré tactilement les formes ne respectent pas cette règle de manière significativement supérieure à 50 %, et ce, dans les deux conditions de dessin, $t_s(11) < 2$, $p_s > .30$.

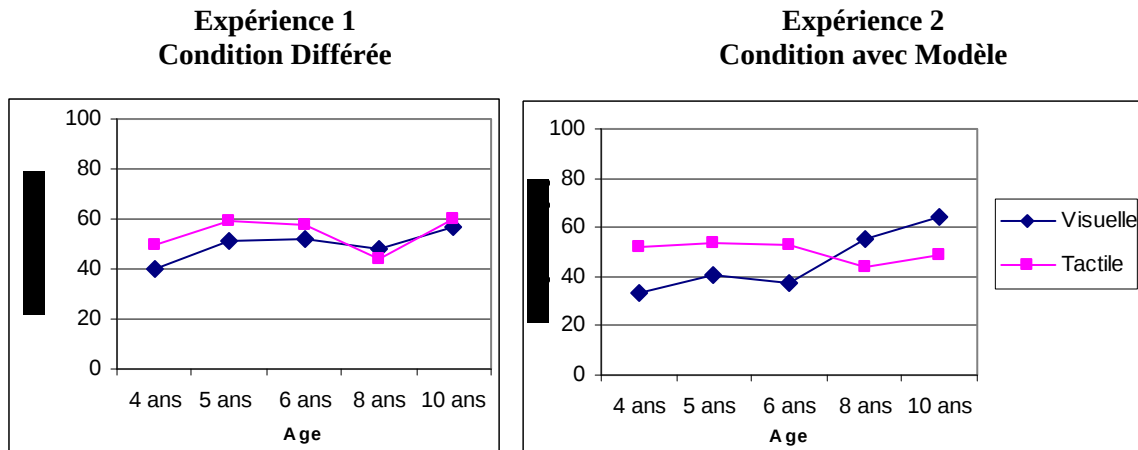


Figure 27 : Evolution avec l'âge de l'application de la règle de départ en haut en fonction de la modalité d'exploration (tactile vs visuelle) dans une condition Différée ou dans une condition avec Modèle.

▪ Continuité des tracés

La Figure 28 présente le score moyen de continuité aux différents âges, en fonction de la modalité d'exploration (tactile vs visuelle), dans une condition Différée (Expérience 1) ou dans une condition avec Modèle (Expérience 2).

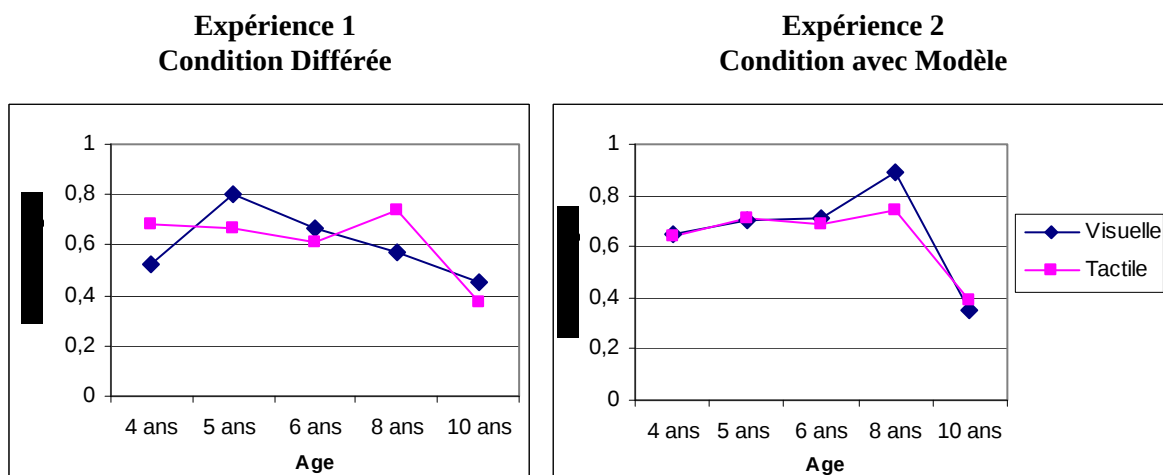


Figure 28 : Evolution avec l'âge du score de continuité en fonction de la modalité d'exploration (tactile vs visuelle) dans une condition Différée ou dans une condition avec Modèle.

Un effet de l'âge révèle une diminution importante de la continuité entre 8 et 10 ans ($M = 0,73$ vs $M = 0,39$), $F(4,220) = 6.7$, $p < .01$. Les analyses séparées des différents groupes confirment cet effet de l'âge dans la condition différée pour la modalité visuelle, $F(4,55) = 3.2$, $p < .05$, et tactile, $F(4,55) = 2.7$,

$p < .05$. Lorsque les enfants explorent visuellement les formes, le score de continuité diminue entre 6 et 10 ans, alors qu'il diminue plutôt entre 8 et 10 ans dans la modalité tactile. Dans la condition avec modèle, on observe également un effet de l'âge pour la modalité tactile, $F(4,55) = 2.9$, $p < .05$, où le score de continuité diminue entre 8 et 10 ans. Bien qu'aucun effet de l'âge n'apparaisse en modalité visuelle, $F(4,55) = 1.5$, $p > .20$, un contraste réalisé entre 8 et 10 ans révèle une diminution significative du score de continuité, à l'instar de ce qui se passe en modalité tactile, $F(1,55) = 5.6$, $p < .05$.

II. Evolution des règles syntaxiques des enfants malvoyants et aveugles dans une condition de dessin différé (Expérience 3).

METHODE

Sujets

38 enfants déficients visuels âgés de 6 à 13 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à cette étude. Ces enfants, de langue maternelle française, ont été distingués selon leur déficience visuelle (cécité ou malvoyance). Les enfants malvoyants appartenaient aux catégories 1, 2, 3 décrites dans classification de l'OMS. Les enfants aveugles correspondaient aux catégories 4 et 5 ans et étaient tous aveugles précoces sans troubles associés (se référer à l'Annexe 1 p. 288 pour les catégories OMS). Les sujets étaient répartis dans deux groupes d'âge : 6-9 ans et 10-13 ans. Ces deux groupes d'âge étaient constitués de neuf enfants aveugles et de dix enfants malvoyants. Les caractéristiques détaillées des enfants sont présentées dans le chapitre 1, p. 64.

Matériel

Comme pour les enfants voyants, nous avons utilisé les formes en relief (six formes pour la phase d'entraînement et six formes pour la phase expérimentale) et le panneau afin de cacher les formes à la vue des enfants malvoyants. Ce panneau n'était pas utile pour les enfants aveugles mais nous l'avons utilisé tout de même afin de conserver la même situation expérimentale que chez les enfants voyants. Pour le dessin, c'est le matériel le plus familier à l'enfant qui a été utilisé. Dans le cas où l'enfant n'avait aucune familiarité avec un matériel, l'expérimentateur a choisi ce qui lui convenait le mieux en fonction de son âge et de la nature de son handicap visuel. Ainsi, certains dessins sont réalisés sur des feuilles blanches avec des stylos ou des feutres (utilisés par tous les enfants malvoyants et par six enfants aveugles : trois enfants de 6-9 ans et trois de 10-13 ans) ou à l'aide d'une planche Dycem, tapis collant en caoutchouc, sur laquelle est fixée une feuille plastifiée où l'on peut tracer des motifs en créant du relief grâce à un stylo ou à un poinçon (utilisée par la majorité des enfants aveugles : six âgés de 6-9 ans et six de 10-13 ans). Ce matériel permet l'utilisation d'un feed-back tactile par l'enfant pendant le tracé.

Procédure

L'expérience s'est déroulée au sein de l'établissement ou de l'institution d'accueil de l'enfant. La procédure est identique à celle décrite précédemment avec les enfants voyants de la condition différée (cf. p. 52), à l'exception des consignes dans lesquelles aucune démonstration de procédures exploratoires n'était réalisée avant l'expérience, mais seulement au cours de la phase d'entraînement si les enfants n'utilisaient pas le suivi de contour et l'enveloppement. Pour plus de détails, se référer à la p. 64.

Codage des données

Le relevé de la syntaxe a été réalisé de la même manière qu'avec les enfants voyants. Nous avons également codé l'application des règles de départ à gauche et de départ à droite, ainsi qu'un score de continuité des tracés.

RESULTATS

Une ANOVA avec l'Age des sujets (2 : 6-9 ans et 10-13 ans), et le Statut visuel des enfants (2 : Aveugle vs Malvoyant) comme facteurs inter-sujets a été réalisée avec le score de continuité comme variable dépendante. Les autres variables ont été analysées au moyen de t de Student.

▪ Application des règles de départ à gauche et en haut

La Figure 29 présente l'évolution avec l'âge de l'application des règles de départ à gauche (à gauche) et en haut (à droite) chez les enfants aveugles et malvoyants.

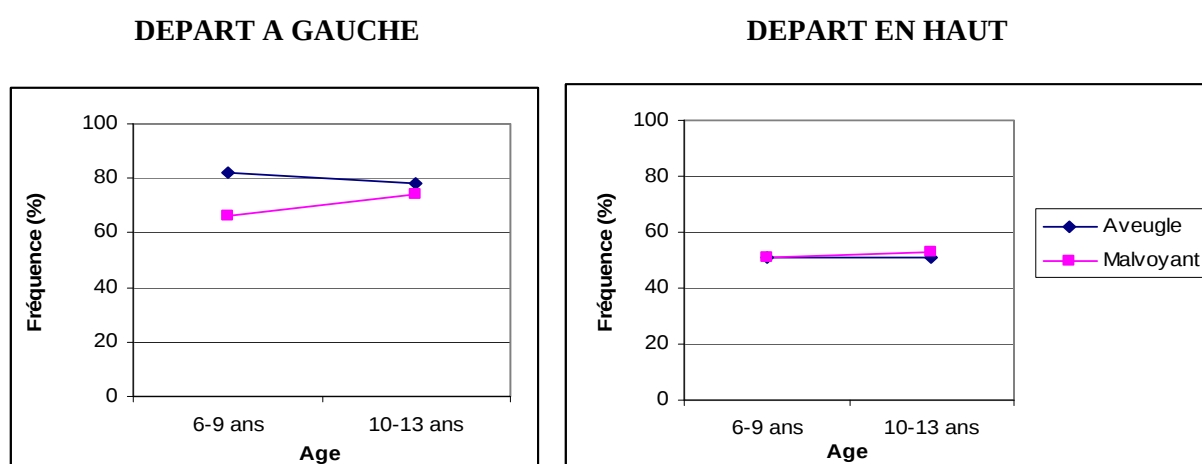


Figure 29 : Evolution avec l'âge de l'application des règles de départ à gauche (à gauche) et en haut (à droite) chez les enfants aveugles et malvoyants.

La fréquence d'application des règles de départ à gauche et en haut ne varie pas avec l'âge chez les enfants aveugles, $t_s(16) < 1$, $p_s > .70$, et chez les enfants malvoyants, $t_s(18) < 1$, $p_s > .50$. Aucune différence entre les enfants malvoyants et les enfants aveugles n'est mise en évidence pour le respect des règles de départ à gauche et en haut, $t_s(36) < 1$, $p_s > .20$. Par ailleurs, la règle de départ à gauche est respectée (significativement supérieur à 50%), quel que soit l'âge, chez les enfants aveugles, $t(27) = 6.4$, $p < .05$, et chez les enfants malvoyants, $t(28) = 4$, $p < .05$. En revanche, ce n'est pas le cas pour la règle de départ en haut chez les enfants aveugles $t(27) < 1$, et malvoyants, $t(28) < 1$.

Afin de rendre les résultats davantage comparables avec ceux des enfants voyants, nous avons effectué une autre analyse chez les enfants aveugles, en gardant uniquement ceux qui ont pu utiliser un

feed-back tactile grâce à l'utilisation des planches Dycem. Ainsi, les six enfants (trois enfants de 6-9 ans et trois de 10-13 ans) qui ont utilisé le papier pour dessiner ont été retirés pour cette nouvelle analyse. Nous retrouvons les mêmes résultats que précédemment, à savoir une absence de différence entre 6-9 ans et 10-13 ans pour le point de départ à gauche (85% à 6-9 ans et 74% à 10-13 ans) et pour le point de départ en haut (58% à 6-9 ans et 50% à 10-13 ans), $t_s(10) < 1$. Comme précédemment, des tests de Student montrent que, quel que soit l'âge des enfants aveugles, seule la règle de départ à gauche est respectée de manière consistante, $t(25) = 6$, $p < .01$ ($t(25) < 1$ pour le départ en haut).

▪ Continuité des tracés

L'évolution avec l'âge du score de continuité des tracés en fonction du statut visuel est présentée dans la Figure 30.

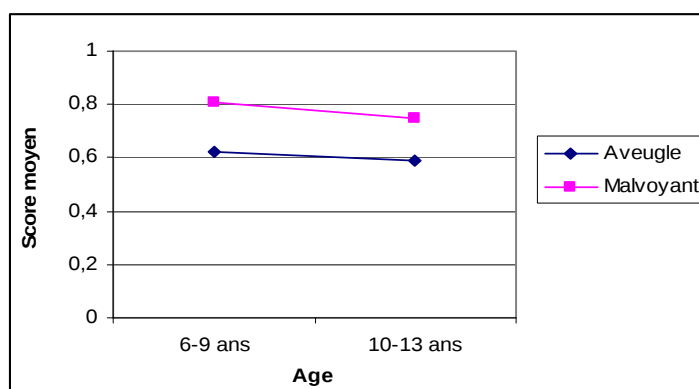


Figure 30 : Evolution avec l'âge du score de continuité des tracés en fonction du statut visuel.

Aucun effet de l'âge n'est révélé par les analyses, $F(2,34) < 1$. Les analyses séparées des groupes ne montrent pas non plus d'effet de l'âge chez les enfants aveugles, $F(1,16) < 1$, et malvoyants, $F(1,18) < 1$. En revanche, le score de continuité est plus important chez les enfants malvoyants que chez les enfants aveugles ($M = 0,78$ vs $M = 0,60$), $F(1,34) = 4.4$, $p < .05$. Aucun effet d'interaction n'apparaît, $F(1,34) < 1$.

L'analyse effectuée sur les enfants aveugles utilisant uniquement les planches Dycem pour dessiner montre un résultat similaire. En effet, aucun effet de l'âge n'apparaît ($M = 0,58$ à 6-9 ans et $M = 0,52$ à 10-13 ans), tandis qu'un effet significatif du statut visuel est mis en évidence ($M = 0,55$ pour les aveugles et $M = 0,78$ pour les malvoyants), $F(1,28) = 6.7$, $p < .01$.

Une analyse de la procédure utilisée par les enfants aveugles pour dessiner certaines formes met en évidence une stratégie de construction séquentielle. Cette dernière consiste à réaliser des tracés en parallèle, de manière successive lorsque la géométrie de la forme le permet. Cette stratégie est surtout

utilisée pour les formes 3  , 2  et 5  qui sont, de ce fait, peu souvent dessinées en continu (respectivement, $M = 0,37$; $M = 0,40$ et $M = 0,45$) . Une illustration de l'usage de cette stratégie pour le dessin de la forme 3 est présentée dans la Figure 31.

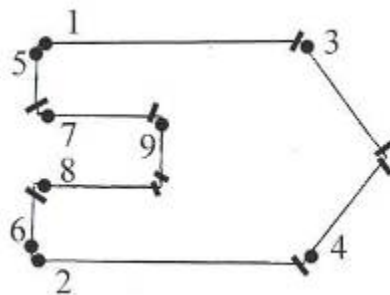


Figure 31 : Syntaxe du dessin de la forme 3.

Dans cet exemple, nous pouvons voir que réaliser les tracés en parallèle permet de conserver une symétrie correcte. En procédant ainsi, l'enfant peut plus facilement faire correspondre le début et la fin de chaque tracé symétrique. En revanche, pour le dessin des formes 4,  , 1  et 6  , les enfants aveugles privilégient la continuité (respectivement, $M = 0,60$; $M = 0,67$ et $M = 0,68$).

III. Application des règles syntaxiques chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants travaillant avec ou sans vision dans une condition de dessin différé.

METHODE

Description des sujets

Tableau 8 : Caractéristiques des sujets pris en compte dans la comparaison.

ENFANTS AVEUGLES

Sujet	1	2	3	4	5	6
Age réel (en année et mois)	6,3	7	8,5	8,5	9,8	10,2
Sexe	F	F	M	F	F	M
Latéralité	D	D	D	D	D	D

ENFANTS MALVOYANTS

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	7,1	7,4	7,4	7,4	8,4	8,5	9	9,9	10,3
Sexe	M	M	F	M	M	M	F	F	M
Latéralité	D	D	D	D	D	G	D	D	D

ENFANTS VOYANTS - MODALITE TACTILE

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	6,2	6,8	6,11	8,1	8,4	8,4	8,11	9,10	10,3
Sexe	M	F	F	M	F	F	F	M	M
Latéralité	D	D	D	D	D	D	D	D	D

ENFANTS VOYANTS - MODALITE VISUELLE

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en mois et année)	6	6,8	7,2	8	8,5	8,6	8,10	9,9	10,2
Sexe	F	M	M	F	M	F	F	M	F
Latéralité	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Cette comparaison est réalisée à partir des expériences précédentes où le dessin est produit en différé par rapport à l'exploration (Expériences 1 et 3). Dans l'Expérience 1, les âges des enfants voyants de la modalité tactile et visuelle sont compris entre 4 et 10 ans. Dans l'Expérience 3, l'échantillon des enfants aveugles s'étend de 6 à 13 ans et celui des enfants malvoyants de 7 à 13 ans. De ce fait, l'échantillon d'enfants voyants ou non considéré pour la comparaison comprend des enfants âgés de 6 à 10 ans. La sélection des sujets d'enfants voyants ou non s'est faite sur la base d'un appariement avec l'âge, puis avec le sexe. Chez les enfants aveugles, nous avons gardé uniquement les enfants utilisant les planches Dycem. Ainsi, 33 sujets dont six enfants aveugles et neuf enfants dans les autres groupes (malvoyant, voyants travaillant sans vision et voyant travaillant avec vision) ont été sélectionnés. Les moyennes d'âge des groupes varient entre 8,1 ans et 8,3 ans et les écarts-type des âges entre 14 mois et 16 mois (groupe des enfants aveugles : $M = 8,3$ ans ; $SD = 18$ mois ; groupe des enfants malvoyants : $M = 8,3$ ans ; $SD = 14$ mois ; groupe des enfants voyants travaillant sans voir : $M = 8,1$ ans ; $SD = 16$ mois ; groupe des enfants voyants de la condition visuelle : $M = 8,2$ ans ; $SD = 16$ mois). Ces groupes ne diffèrent pas significativement par rapport à l'âge ($p_s > .50$). Tous les enfants aveugles pratiquaient la lecture bimanuelle du braille. Les caractéristiques de chaque enfant pris en compte dans la comparaison se trouvent dans le Tableau 8.

RESULTATS

L'application des règles de départ à gauche et en haut a été analysée au moyen de t de Student. Une ANOVA avec le Statut visuel des enfants (4 : aveugle, malvoyant, voyant travaillant sans voir, voyant travaillant avec vision) comme facteurs inter-sujets a été réalisée avec la continuité des tracés comme variable dépendante. Nous ne relaterons ici que les différences entre voyants et aveugles/malvoyants, les différences entre les aveugles et malvoyants ayant déjà été analysées.

▪ Application des règles de départ à gauche et en haut

La fréquence d'application des règles de départ à gauche (à gauche) et de départ en haut (à droite) en fonction du statut visuel des enfants est présentée dans la Figure 32.

Aucune différence n'apparaît entre les enfants aveugles et les enfants voyants travaillant avec ou sans vision en ce qui concerne la fréquence d'application de la règle à gauche et en haut, $t_s(13) < 1.4$, $p_s > .10$. De même, elle ne varie pas entre les enfants malvoyants et les enfants voyants travaillant avec ou sans vision, $t_s(16) < 1.1$, $p_s > .20$. Par ailleurs, la règle de départ à gauche est respectée de manière consistante ($> 50\%$) chez les enfants aveugles, $t(5) = 8.9$, $p < .01$, chez les enfants malvoyants, $t(8) = 2.3$, $p < .05$, chez les enfants voyants de la modalité tactile, $t(8) = 4.5$, $p < .01$ et a tendance à l'être également chez les enfants voyants de la modalité visuelle, $t(8) = 2$, $p = .08$. En revanche, la règle de départ en haut

n'est respectée de manière consistante (>50%) par aucun enfant, quel que soit son statut visuel ($t(5) < 1$ chez les aveugles et $t_s(8) < 1$ dans les autres groupes).

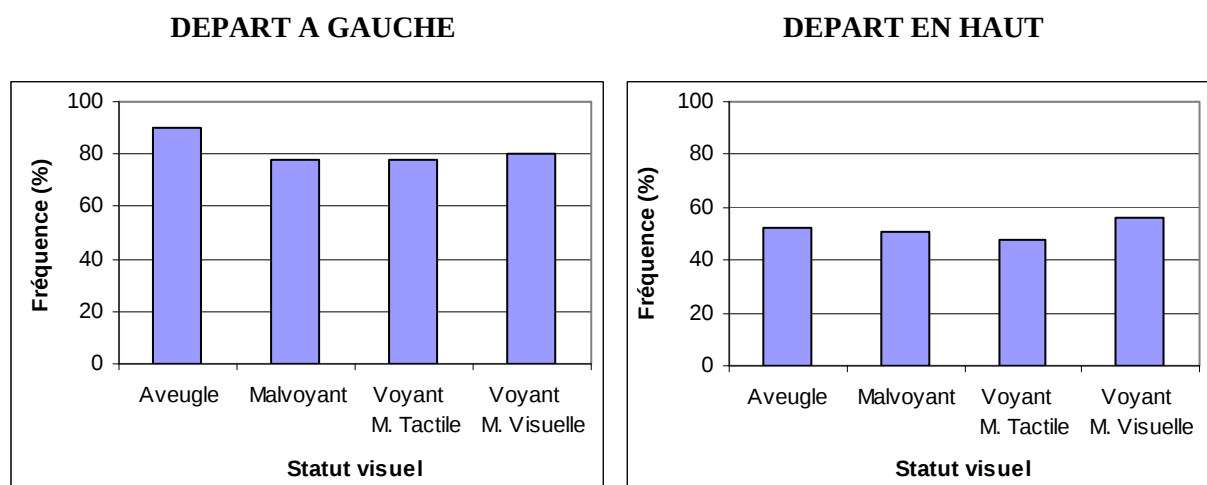


Figure 32 : Fréquence d'application des règles de départ à gauche (à gauche) et de départ en haut (à droite) en fonction du statut visuel des enfants (M = modalité).

▪ Continuité des tracés

Le score moyen de continuité des tracés en fonction du statut visuel est présenté dans la Figure 33.

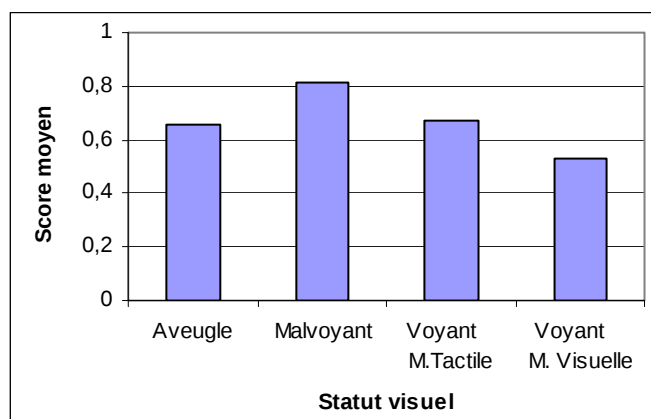


Figure 33 : Score moyen de continuité des tracés en fonction du statut visuel.

Aucun effet du statut visuel n'apparaît, $F(3,29) = 1.2$, $p > .30$. Toutefois, un test de Student révèle que le score de continuité des enfants malvoyants est significativement supérieur à celui des enfants voyants de la modalité visuelle ($M = 0,81$ vs $M = 0,53$), $t(16) = 2.8$, $p < .05$.

DISCUSSION

Ce chapitre a présenté plusieurs expériences ayant pour objectif d'étudier le développement de l'organisation syntaxique à un niveau local chez des enfants voyants, malvoyants et aveugles lors d'une tâche de dessin de formes géométriques non familières. L'emploi des règles de production nous renseigne sur la manière dont le sujet planifie sa séquence motrice. Nous nous sommes intéressées plus spécifiquement à la localisation du point de départ de la figure (règle de départ à gauche et règle de départ en haut) et à l'organisation de la séquence graphique entière (principe de continuité). De ce fait, la première partie de cette discussion sera consacrée aux règles de points de départ et la seconde au principe de continuité. Dans chacune de ces parties, nous nous interrogerons sur le rôle de la vision et l'influence des conditions de dessin dans le développement des aspects syntaxiques.

1. Développement de l'application des règles de points de départ en fonction du statut visuel et de la condition de dessin.

Conformément à la littérature (Goodnow & Levine, 1973 ; Vinter, 1994), la règle de départ à gauche est appliquée dès 4-5 ans (environ 70 %) chez les enfants voyants et ce, quelles que soient la condition de dessin et la modalité d'exploration. On retrouve les mêmes performances dans l'étude de Goodnow et Levine (1973) chez les enfants de 4 ans (70%) mais pas chez les enfants de 5 ans (58%) qui respectent moins souvent cette règle. Nos résultats sont ainsi davantage conformes à ceux de Vinter (1994) qui ne montrent pas de différences entre les enfants de 4 et 5 ans (65% à 4 ans et 70% à 5 ans). Chez les enfants plus âgés (à partir de 6 ans), les performances trouvées dans notre étude (respect de la règle dans environ 75% des cas) correspondent également à celles décrites dans la littérature (Goodnow & Levine, 1973 ; Vinter, 1994). Par ailleurs, on remarque dans notre expérience, que l'application de cette règle est plus importante chez les enfants testés en modalité visuelle que chez ceux testés en modalité tactile, mais la différence est trop faible (80% vs 70%) pour avoir un sens important à notre avis.

La règle de départ à gauche est également respectée par les enfants aveugles et malvoyants dès 6-9 ans.

En revanche, contrairement à ce qui était attendu, les enfants voyants (quelles que soient la modalité d'exploration et la condition de dessin) et les enfants déficients visuels, même les plus âgés, ne respectent pas significativement la règle de départ en haut (environ 50%). Néanmoins, on peut observer une augmentation de son application entre 6 et 10 ans chez les enfants voyants explorant visuellement les formes et dessinant avec le modèle disponible, conformément à ce qui est décrit dans la littérature (Goodnow & Levine, 1973). Toutefois, la fréquence d'application de cette règle chez les

enfants de 6 et 8 ans de notre étude (37% et 55%) est inférieure à celle observée chez Goodnow et Levine (78% et 83%). Le non-respect de la règle de départ en haut pourrait être lié à la complexité des formes utilisées dans notre étude. En effet, elles sont constituées d'un nombre plus important de segments que celles de l'étude de Goodnow et Levine (1973). Il faut aussi noter que la géométrie des figures rendent possibles les départs au milieu (formes 1, 3, 5 et 6 en particulier). Il est également possible que l'enfant considère les formes comme constituées de plusieurs unités (par exemple, la forme 1  serait composée d'un « camembert » au dessus et d'un rectangle en bas) et commence son dessin par l'unité située en haut et non pas forcément par le point le plus haut de la figure.

Quoi qu'il en soit, la prédominance de la règle de départ à gauche par rapport à celle de départ en haut mise en évidence dans ces expériences est cohérente avec une étude réalisée chez les adultes par Thomassen et Tibosch (1991) qui démontrent l'existence d'une hiérarchie dans l'application des règles. Cette hiérarchie est la suivante : 1. principe de continuité ; 2. règle de départ à gauche ; 3. ancrage ; 4. commencer par une verticale ; 5. débiter le dessin en haut ; 6. progression du haut vers le bas ; 7. production de parallèle ; 8. progression de la gauche vers la droite.

Les résultats chez les enfants voyants révèlent que travailler à partir d'un modèle externe ou interne n'influence pas la sélection du point de départ. La localisation du point de départ n'est pas non plus déterminée par le statut visuel puisque le départ à gauche domine chez les enfants voyants travaillant avec et sans vision, les enfants aveugles et les enfants malvoyants. De même, la fréquence d'application de la règle de départ en haut n'atteint jamais 60%, quel que soit son statut visuel. Cela indique que l'application de ces règles dépend d'un mécanisme amodal et ne nécessite pas d'imagerie visuelle.

2. Développement de l'organisation de la séquence graphique en fonction du statut visuel et de la condition de dessin

La continuité des tracés est plus importante chez les enfants malvoyants que chez les enfants aveugles. Pour expliquer cette différence, nous pouvons faire référence aux travaux de Willatts (1985, 1987) qui montrent que l'acquisition du dessin chez l'enfant nécessite d'apprendre à utiliser et à coordonner trois principaux systèmes de règles : le système de dénotation (qui détermine ce que les primitives graphiques signifient), leurs systèmes de coordonnées (qui déterminent l'organisation spatiale des primitives graphiques dans le dessin) et les systèmes d'organisation (qui déterminent comment les systèmes de coordonnées sont reliés entre eux). Les enfants malvoyants, utilisant un feed-back visuel, ont une représentation globale directe du dessin en cours, ce qui facilite l'utilisation et la coordination de ces systèmes d'organisation. En revanche, ce n'est pas le cas du feed-back haptique qui est

séquentiel. Par conséquent, la coordination des systèmes d'organisation est plus difficile pour les enfants aveugles. Pour faire face à cette difficulté, lorsque la figure s'y prête, ils utilisent une construction séquentielle du dessin, consistant à réaliser les traits parallèles les uns après les autres. Cette progression des tracés permet de faire correspondre le début et la fin de chaque tracé pour les segments parallèles et facilite ainsi davantage la coordination des systèmes d'organisation qu'une progression continue des tracés ne le ferait. Cela expliquerait pourquoi la continuité des tracés est moins importante chez les enfants aveugles que chez les enfants malvoyants. Pour vérifier cette interprétation, il serait nécessaire de mettre les enfants malvoyants dans les mêmes conditions de dessin que les enfants aveugles (c'est-à-dire de les faire dessiner sans contrôle visuel). Par ailleurs, l'examen des dessins produits révèle que chez les enfants aveugles uniquement, les tracés sont juxtapositionnés dans l'espace, c'est à dire qu'ils sont détachés les uns des autres, empêchant ainsi la production de dessin en continu. Comme nous le verrons dans le chapitre 3, ce comportement graphique pourrait refléter une représentation plus fragmentée des modèles explorés chez les enfants aveugles.

Le score de continuité des enfants malvoyants est supérieur à celui des enfants voyants. Cette différence peut s'expliquer par l'empan d'âge de notre échantillon de comparaison, s'étendant de 6 à 10 ans, et par une évolution avec l'âge différente de l'application du principe de continuité, dans ces deux groupes de sujets. Chez les enfants voyants, la littérature (Nihei, 1983 ; Vinter, 1984) a montré qu'après 8 ans, le principe de continuité décline et les enfants privilégient davantage l'application des règles de progression. Pour Vinter (1994), cela reflète une coordination entre une planification au niveau de la figure et une planification au niveau du segment qui permet aux enfants d'appliquer les règles de façon plus flexible. Dans notre étude, la diminution de la continuité chez les enfants voyants ayant explorés visuellement les formes dans une condition différée (donc ceux utilisés pour la comparaison) est même plus précoce que celle observée dans la littérature.

En revanche, contrairement à ce qui était attendu, l'application du principe de continuité chez les enfants déficients visuels ne suit pas le développement décrit chez les enfants voyants par Nihei (1983) et Vinter (1984). En effet, aucune évolution avec l'âge n'apparaît, les enfants déficients visuels dessinant de manière continue à 6-9 ans et à 10-13 ans. De ce fait, ce n'est pas surprenant que le score de continuité chez les enfants voyants soit plus faible que chez les enfants malvoyants. La dominance du principe de continuité peut indiquer que la planification de la séquence graphique se situe au niveau de la figure. L'application de ce principe, chez les enfants déficients visuels plus âgés, pourrait ainsi révéler une difficulté à coordonner la planification au niveau de la figure et au niveau des segments. Mais il est également possible que la planification de la séquence graphique soit simplement influencée par d'autres facteurs que ceux mis en jeu chez les voyants. En effet, chez les enfants aveugles, l'utilisation de la continuité est bénéfique lors de l'exécution du dessin, car elle facilite le contrôle en feedback et évite de surcharger la mémoire, les enfants n'ayant pas à se rappeler des

éléments dessinés précédemment. Par ailleurs, le dessin étant une activité perceptivo-motrice (Laszlo & Bairstow, 1985), la manière dont l'exploration haptique est réalisée pourrait jouer un rôle dans la planification et l'exécution des tracés. L'utilisation importante du suivi de contour chez enfants aveugles et malvoyants (voir chapitre 1) induit une continuité du mouvement que les enfants déficients visuels pourraient reproduire lors du dessin en réalisant un tracé continu. Bien que les enfants voyants travaillant sans voir emploient également fréquemment le suivi de contour, l'évolution de l'organisation de leurs tracés est similaire à celle décrite chez les enfants voyants travaillant avec la vision. Ainsi, l'exploration haptique n'influencerait pas l'organisation des tracés chez les enfants travaillant sans voir, et ce probablement parce que ces enfants n'ont pas une utilisation du toucher aussi intensive et adaptée que les enfants déficients visuels.

Par ailleurs, chez les enfants voyants, l'évolution avec l'âge de l'application du principe de continuité diffère entre les modalités d'exploration lorsque le dessin est réalisé de mémoire. Ce n'est pas le cas dans la condition de dessin avec modèle, où les enfants des modalités visuelle et tactile vont dessiner majoritairement leur dessin en continu dès 4-5 ans jusqu'à 8 ans, âge à partir duquel la continuité des tracés diminue. Dans la condition différée, la même évolution est observée chez les enfants de la modalité tactile. En revanche, chez les enfants de la modalité visuelle la continuité des tracés augmente entre 4 et 5 ans puis diminue progressivement jusqu'à 10 ans. Il semblerait donc que travailler à partir d'un modèle interne élaboré à partir d'une perception visuelle favoriserait davantage la coordination entre la planification au niveau de la figure et au niveau du segment qu'un modèle externe. En revanche, ce n'est pas le cas dans la modalité tactile car la construction d'une représentation à partir du toucher est plus difficile en raison de la séquentialité de l'exploration et d'une charge en mémoire importante lors de la synthèse des données issues de l'exploration. Chez les enfants de la modalité visuelle, cette coordination permettrait d'accéder à une représentation globale et se manifesterait par l'abandon progressif du principe de continuité.

Ce chapitre montre que les règles de points de départ de la figure sont déterminées par un mécanisme amodal et ne sont pas dépendantes des conditions de dessin. En revanche, l'organisation de la séquence graphique entière serait plus influencée par l'expérience perceptive des enfants. Par ailleurs, la possibilité d'avoir un feed-back visuel lors du dessin faciliterait la coordination des systèmes d'organisation.

CHAPITRE 3 : Etude des représentations graphiques : une approche par le « contenu » ²

Ce chapitre a pour objectif d'étudier, à travers une tâche de dessin, les images mentales élaborées par des enfants voyants et déficients visuels de formes géométriques bidimensionnelles à partir d'une exploration visuelle ou tactile.

INTRODUCTION

Les études concernant l'identification de formes bidimensionnelles par le toucher montrent que les performances varient en fonction de différents facteurs, tels que la familiarité des sujets avec les formes, la taille des formes, l'expérience visuelle... Chez les voyants travaillant sans voir, les performances d'identification varient de 25 % (Heller et al., 1996) à 84 % dans l'expérience de Winjtes et coll. (2008), où les formes utilisées étaient de très grande taille (29,7 cm × 42 cm). Les recherches effectuées chez les aveugles révèlent des performances d'identification moins élevées (entre 10 et 50%) que celles des voyants travaillant sans voir. Plusieurs raisons peuvent être évoquées pour expliquer les moindres performances du toucher par rapport à la vision dans la perception des formes. Contrairement à la vision, la perception haptique charge lourdement l'attention et la mémoire de travail (Hochberg, 1986 ; Revesz, 1950 ; Loomis et al. 1991). De plus, il a été montré que le toucher est moins spécialisé dans le traitement de la dimension géométrique de l'objet que ne l'est la vision (Lederman & Klatzky, 1993, 1996). Enfin, l'exiguïté du champ perceptif tactile peut également être évoquée (Hatwell, Streri, & Gentaz, 2000 ; Loomis, et al., 1991).

Ces différentes recherches, étudiant la perception d'objets à travers des tâches d'identification et de reconnaissance, informent sur la capacité discriminative d'un sens mais renseignent peu sur les représentations élaborées par les sujets à partir de leur exploration haptique ou visuelle. Pour de nombreux auteurs, les représentations graphiques constitueraient une des fenêtres possibles donnant accès aux représentations mentales des sujets. En effet, selon Luquet (1972), le dessin d'un objet n'est pas une reproduction identique aux perceptions fournies au dessinateur par la vue ou le toucher d'un objet. Il est la traduction d'un modèle interne, autrement dit de la représentation mentale que le dessinateur a de cet objet. Pour Piaget (1947) également, le dessin est une représentation car il suppose une construction d'une image distincte de la perception, les rapports spatiaux de l'image ne correspondant pas forcément à ceux de la perception correspondante. Piaget et Inhelder (1947) ont analysé la construction de quelques formes géométriques lors d'une tâche de copie et ont mis en

² Une partie des données exposées dans ce chapitre fait l'objet d'une publication à paraître. Fernandes, V. & Vinter, A. (2009). Développement des représentations graphiques réalisées par des enfants à partir d'une exploration tactile ou visuelle de formes bidimensionnelles. *L'Année Psychologique*.

évidence trois stades, comparables à ceux trouvés dans les épreuves de stéréognosie. Le premier stade, entre 3 ans et demi et 4 ans, montre une reconnaissance aisée des objets familiers et un début d'abstraction des formes, limité à la compréhension des rapports topologiques d'ouverture et de fermeture, d'enlacement et de séparation. Lors du deuxième stade, débutant vers 4 ans et demi, l'enfant différencie progressivement les formes euclidiennes. Au cours du dernier stade, les enfants de 6-7 ans parviennent à différencier des formes complexes (étoile, croix de lorraine, trapézoïdes...). Les mêmes étapes de développement ont été retrouvées chez des enfants aveugles (Gottesman, 1971).

Le fait que l'on retrouve les mêmes étapes lorsque l'on demande aux enfants de reconnaître la forme explorée ou de la dessiner indique que les performances lors du dessin ne doivent pas être assimilées à des maladroitness ou difficultés graphiques causées par un manque de maîtrise de technique graphique. Le dessin est donc en partie du moins révélateur de l'évolution de la représentation mentale de l'enfant. Les recherches plus récentes de Karmiloff-Smith (1990), Berti et Freeman (1997) ou de Picard et Vinter (1999, 2006, 2007) montrent que le dessin constitue un indicateur valide de la flexibilité représentationnelle, confirmant ainsi qu'il permet un certain accès aux images mentales de l'enfant. A travers une tâche consistant à dessiner des objets qui n'existent pas, Vinter et Picard (1996) ont révélé qu'à 4-5 ans, les enfants introduisent, dans leur dessin, des innovations limitées à des éléments et basées sur des changements intra représentationnels. A 7 ans, les innovations portent sur la figure dans son ensemble tout en restant basées sur des changements intra-représentationnels. Enfin, à 8-9 ans, les enfants sont capables d'innover à un niveau inter-représentationnel (voir aussi Vinter, Picard, & Fernandes, 2008).

Dans nos recherches, nous avons privilégié ce moyen d'étude pour comparer les représentations d'objets issues soit d'une perception visuelle, soit d'une perception tactile chez des enfants voyants et déficients visuels. Dans l'analyse des dessins, nous distinguerons des variables attestant de la « réussite » à la tâche (production de dessins reconnaissables, de parties saillantes des formes, d'un dessin fermé, la taille des dessins par rapport aux modèles) et des variables attestant d'un « échec » à la tâche (oubli des formes explorées dans la condition de dessin différé uniquement, production de dessins par assimilation fautive de la forme explorée à une forme familière (Piaget & Inhelder, 1947) ou encore production de dessins dits « constructionnels » (Freeman, 1980), c'est-à-dire par agencement de formes géométriques plutôt que par lignes de contour dans les deux conditions de dessin).

Nous allons nous intéresser tout d'abord aux représentations graphiques réalisées par des enfants voyants à partir d'une exploration visuelle ou haptique, dans une condition de dessin différé (Expérience 1) et dans une condition de dessin avec modèle disponible (Expérience 2). Puis, nous examinerons les représentations graphiques réalisées par des enfants aveugles et malvoyants dans une condition de dessin différé (Expérience 3). Enfin, une comparaison des dessins réalisés par les enfants voyants, malvoyants et aveugles sera effectuée.

I. Représentations graphiques issues d’une exploration haptique ou visuelle de formes bidimensionnelles chez des enfants voyants dans une condition de dessin différé (Expérience 1) et dans une condition de dessin avec modèle disponible (Expérience 2).

Le dessin d’un modèle externe implique deux activités indissociables : « la lecture » du modèle et « la description » du modèle, c’est-à-dire la réalisation en actes d’un modèle interne. La régulation de l’activité graphique diffère selon que le dessin est réalisé d’après copie du modèle ou de mémoire. En effet, en condition de copie, l’enfant peut exécuter le dessin pas à pas en alternant les phases de lecture et de description (Stambak & Pécheux, 1969) et faire des comparaisons successives entre les parties du modèle explorées et les reproductions correspondantes. La comparaison avec le modèle permet de réguler l’activité graphique. En revanche, dans le cas d’un dessin réalisé de mémoire, l’activité est auto-réglée, aucune comparaison avec le modèle n’étant possible. L’enfant doit appréhender l’ensemble du modèle avant de le reproduire et organiser l’information en fonction d’une mémorisation. Rey (1956) et Osterrieth (1945) trouvent chez des enfants âgés de 4 à 15 ans une différence très nette entre le dessin réalisé de copie ou de mémoire d’une figure complexe. Un avantage du dessin de copie par rapport au dessin de mémoire est mis en évidence en ce qui concerne la nature des éléments dessinés, leur nombre et leur emplacement. En revanche, le rapport s’inverse lorsque l’on considère des aspects plus qualitatifs, tels que le type de construction et les stratégies utilisées, l’information étant davantage centrée sur la structure de la figure lors du dessin de mémoire.

Pour Stambak et Vial (1972), la différence entre les dessins réalisés de copie ou de mémoire dépend du modèle à reproduire. En effet, aucune différence n’apparaît chez des enfants de 5 et 6 ans pour le dessin de figures géométriques simples telles que le triangle ou le losange et de figures complexes comme un drapeau, où les éléments sont interdépendants. En revanche, une supériorité des dessins réalisés de copie est trouvée pour le dessin d’une figure géométrique complexe composée de figures simples juxtaposées, chacune étant relativement indépendante dans la structure d’ensemble. Dans ce cas, les enfants peuvent régler leur activité en comparant le dessin avec le modèle au fur et à mesure de la production. Verba (1974) a également étudié la production de figures complexes composées de figures simples juxtaposées chez des enfants âgés de 4 à 5 ans et a observé des étapes identiques dans la construction de figures que le dessin soit dessiné de copie ou de mémoire. Néanmoins, un décalage en faveur de la copie a été mis en évidence, les figures étant mieux reproduites en présence du modèle à chaque âge. Contrairement à Stambak et Vial (1972), Akshoomoff et Stiles (1995) rapportent des différences pour les dessins d’objets complexes où les éléments sont interdépendants (figure de Rey-Osterrieth). Elles montrent que les dessins réalisés de mémoire contiennent moins d’informations, notamment de détails, et sont moins souvent corrects par rapport aux modèles que ceux réalisés en copie. Les erreurs dans le placement des éléments sont également plus importantes dans une tâche de

dessin de mémoire. En revanche, en ce qui concerne la taille et l'orientation de la figure, les enfants font des erreurs aussi souvent dans la condition de mémoire que de copie. Par ailleurs, pour les aspects plus qualitatifs relatifs à la construction du dessin, il apparaît que le dessin de mémoire entraîne plus souvent l'utilisation de la ligne continue (dessin de contour) tandis que la condition de copie favorise davantage la production de dessins constructionnels.

Récemment, Ferber, Mraz, Baker et Graham (2007) ont montré que la tâche de copie et le dessin de mémoire sont sous-tendus par des réseaux neuraux distincts. En ce qui concerne les tâches de copie, une activation a été observée dans les régions du cerveau favorisant le traitement visuel et l'attention intermodale, tandis que pour le dessin de mémoire, l'activation a concerné les aires du cerveau associées au contrôle moteur et au lien entre l'intention et l'action.

Conformément aux études révélant un avantage de la copie par rapport au dessin de mémoire (Akshoomoff & Stiles, 1995; Osterrieth, 1945 ; Rey, 1956) en ce qui concerne les aspects quantitatifs, nous nous attendons à ce que les dessins réalisés avec le modèle disponible soient plus fréquemment reconnaissables et contiennent davantage de parties saillantes que ceux faits de mémoire. Le bénéfice dû à la disponibilité du modèle lors du dessin devrait être plus important dans la condition visuelle que dans la condition tactile où l'enfant doit coordonner plusieurs activités et effectuer un traitement intermodal.

Il est important de souligner que, dans notre étude, la modalité d'exploration tactile implique des processus intermodaux qui ne sont pas présents dans la condition visuelle. En effet, dans la modalité tactile, les enfants doivent effectuer un transfert du toucher (exploration des formes) à la vision (dessin des formes), introduisant ainsi une complexité supplémentaire dans la tâche demandée. Toutefois, la capacité de transfert des informations du toucher à la vision est présente très tôt dans le développement (par exemple, Streri, 1987, 2000). Dans la perspective soutenue par Kennedy (1997 ; D'Anguilli & Kennedy, 2001), la modalité haptique permet le traitement de la forme des objets dans des proportions importantes, lorsque les mouvements d'exploration sont appropriés. Les enfants devraient donc parvenir, dans leurs dessins, à restituer la forme des objets dans des proportions non négligeables, suite à une exploration haptique facilitée. Or si le toucher guidé permet le traitement de la forme des objets, il demeure que le toucher est moins spécialisé dans le traitement de cette dimension que ne l'est la vision. De plus, l'exploration haptique charge lourdement l'attention et la mémoire de travail car il faut maintenir en mémoire les données apportées successivement par la main, ce qui entraîne en fin d'exploration, un travail mental d'intégration et de synthèse pour aboutir à une représentation unifiée de l'objet (Hochberg, 1986 ; Revesz, 1950 ; Loomis et al., 1991). Par conséquent, la conformité des dessins par rapport aux formes devrait être plus importante chez les enfants de la modalité visuelle que chez ceux de la modalité tactile. Les dessins devraient être globalement moins reconnaissables en

haptique qu'en visuel dans les deux conditions de dessin. Néanmoins, les enfants de la modalité tactile devraient avoir plus de facilité à restituer les parties saillantes plutôt que la forme globale. En effet, Lederman et Klatzky (1997) ont montré que l'information intensive relative à la présence d'une « arête » (au sens de Biederman, 1987) quelque part sur une surface uniforme apparaît facilement disponible au toucher. L'assimilation possible de la forme explorée à une forme connue dénoterait l'intervention de processus top-down (dirigés par des concepts), organisant l'information traitée de manière a priori. Nous supposons que ceux-ci se manifesteront davantage si l'enfant rencontre des difficultés à organiser son exploration et à synthétiser les informations reçues. Ce type de dessins par assimilation devrait par conséquent être plus fréquent dans la modalité haptique, et chez le jeune enfant surtout. Enfin, nous anticipons des corrélations significatives entre explorations adaptées au traitement de la forme et production de dessins reconnaissables chez tous les enfants, indépendamment de leur statut visuel.

METHODE

Sujets

120 enfants, âgés de 4 à 10 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à chaque expérience. Ils étaient tous droitiers, de langue maternelle française et provenaient de famille de classe socioprofessionnelle moyenne. Ils avaient ni avance, ni retard scolaire et n'avaient pas de problème de vision. La moitié des sujets ont passé l'expérience dans la modalité haptique (N = 60) et l'autre moitié dans la modalité visuelle (N = 60). Dans chaque modalité d'exploration, douze enfants (six filles et six garçons) de cinq classes de niveaux scolaires différents ont été recrutés (4 ans/moyenne section de maternelle ; 5 ans/grande section de maternelle ; 6 ans/cours préparatoire ; 8 ans/Cours élémentaire 2^{ème} année ; 10 ans/cours moyen 2^{ème} année). Pour plus de détails pour les caractéristiques des enfants, nous pouvons nous référer aux tableaux 6 et 7 du chapitre 2 p. 85-86.

Matériel

Nous avons utilisé des formes géométriques en relief (six formes pour la phase d'entraînement et six autres pour la phase expérimentale). Pour cacher les formes de la vue de l'enfant dans la modalité tactile, un panneau en carton maintenu verticalement et contenant une ouverture pour les mains est utilisé. Des feuilles blanches et un stylo ont été fournis aux enfants pour dessiner. Pour plus de détails, voir p. 50.

Procédure

Les passations étaient individuelles et aucune limite de temps n'était imposée aux enfants. Les enfants commençaient par une phase d'entraînement avant de débiter la phase expérimentale. Dans la modalité tactile des deux expériences, les expérimentateurs expliquaient la tâche et montraient comment exécuter les stratégies d'enveloppement (de la forme globale et des formes locales) et de suivi de contour. Dans la première expérience, l'enfant explorait d'abord la forme (visuellement ou tactilement selon la modalité), puis la dessinait sans avoir la possibilité de la revoir ou de la retoucher à nouveau. En revanche, dans la seconde expérience, la forme modèle était disponible lors du dessin. Ainsi, les enfants pouvaient dessiner et regarder ou toucher la forme autant de fois qu'ils le souhaitaient. Dans la modalité tactile, ils avaient également la possibilité de toucher la forme d'une main et dessiner de l'autre. Pour plus détails sur la procédure, nous pouvons nous référer à sa description p. 52-53 pour la modalité tactile et p. 86-87 pour la modalité visuelle.

Codage des données

Le codage des données est le même dans les deux expériences. Plusieurs critères ont été définis pour qualifier la production de dessin de l'enfant. Pour attester de la réussite à la tâche, nous avons évalué si

le dessin était **reconnaissable** par rapport au modèle (1 = dessin correct globalement ; 0,5 = en partie reconnaissable ; 0 = non reconnaissable). Un exemple de cotation est illustré dans la Figure 34.

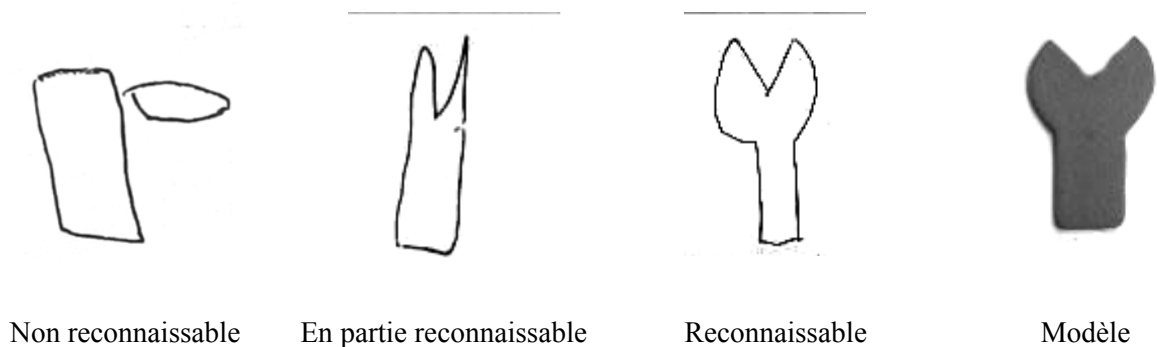


Figure 34 : Illustration de gauche à droite, d'un dessin non reconnaissable, en partie reconnaissable, reconnaissable et de la forme qui a servi de modèle.

L'évaluation de la **production de parties saillantes**, second critère retenu, est à différencier de la reproduction reconnaissable de la forme. Ce critère évalue si les dessins contenaient des parties saillantes de la forme, même si elles n'étaient pas correctement disposées dans leur globalité. Cette variable est obtenue en faisant le rapport entre le nombre de parties saillantes présentes dans le dessin et le nombre de parties saillantes que comporte la forme. Les scores obtenus varient de 0 (aucune partie saillante) à 1 (toutes les parties saillantes de l'objet sont représentées dans le dessin). Nous avons demandé à trois juges de définir a priori les parties saillantes des formes à dessiner, c'est-à-dire les parties les « plus distinctives » de la forme. Ces dernières sont mises en évidence par surlignage dans la Figure 35.

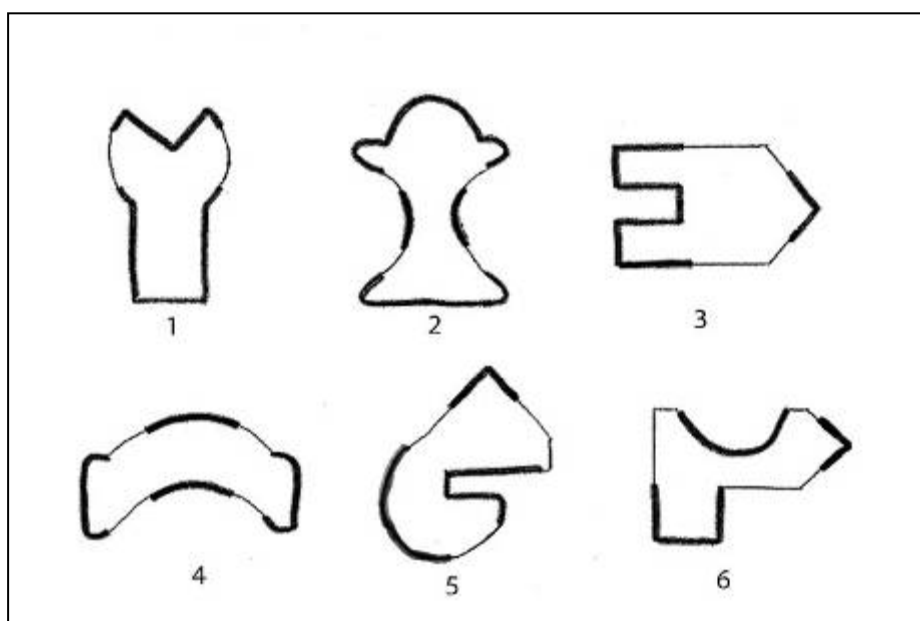


Figure 35 : Illustration des parties saillantes des formes

La **taille** du dessin par rapport à celle de l'objet réel a également été codée. Nous avons mesuré la hauteur et la largeur/longueur du dessin en prenant à chaque fois les points les plus extrêmes. La hauteur correspond toujours à l'axe vertical des objets et la largeur/longueur à l'axe horizontal tels qu'ils sont orientés dans la Figure 1 p. 51. Par la suite, nous calculons trois scores. Le score pour la hauteur est calculé en faisant le rapport entre la hauteur du dessin et la hauteur réelle de l'objet. De la même façon, nous calculons un score pour la longueur. Enfin un score global pour la taille est calculé en faisant la moyenne du score de la hauteur et celui de la longueur. Nous avons vérifié que le score n'est pas dû à une déformation sur l'un des axes (horizontal et vertical). Ainsi, un score proche de 1 signifie que la mesure du dessin est identique à celle de l'objet réel. Un score inférieur à 1 (supérieur à 1) signifie que l'objet est dessiné globalement plus petit (plus grand) qu'il ne l'est en réalité.

La dernière variable attestant de la réussite à la tâche est la fréquence de **production de formes fermées**.

En ce qui concerne les variables attestant de l'échec à la tâche, nous nous sommes intéressées au **style compositionnel** du dessin et avons différencié si l'enfant produit des dessins constructionnels, c'est-à-dire composés de différentes formes géométriques agencées les unes aux autres (coté 1) ou s'il produit des dessins en lignes de contour (coté 0). Un exemple de cotation est illustré dans la Figure 36.



Figure 36 : Illustration pour un même objet d'un dessin constructionnel à gauche et d'un dessin en ligne de contour à droite.

Nous avons également analysé « **l'assimilation à un objet connu** » lors du dessin. Les remarques orales spontanées des enfants sont utilisées dans cette cotation pour identifier l'objet effectivement dessiné. La Figure 37 illustre des assimilations réalisées par des enfants après avoir exploré la forme 2.



Figure 37 : Illustration de la forme explorée à gauche et de deux dessins réalisés d'après une assimilation de cette forme à un bonhomme au centre et à une fleur à droite.

Dans la condition de dessin différé uniquement (Expérience 1), l'**oubli** est également pris en compte car il met en évidence la difficulté de l'enfant à créer ou à maintenir en mémoire une représentation de la forme explorée. Il s'est traduit par un dessin libre, l'enfant disant ne plus savoir comment est l'objet exploré au moment du dessin, ou par une absence de dessin.

Les dessins ont été cotés par trois juges travaillant indépendamment. Selon les critères, le pourcentage de concordance inter-juges varie entre 80 % (critère de forme reconnaissable) et 100% (critères de reproduction fermée et d'oubli). Les désaccords ont été résolus avant l'analyse.

RESULTATS

En premier lieu, nous analyserons les productions graphiques, puis nous étudierons le lien entre les explorations haptiques et les productions graphiques.

1. Analyses des productions graphiques

Une ANOVA avec l'Age des sujets (5 : 4, 5, 6, 8, 10 ans), la Modalité d'exploration (2 : Tactile vs Visuelle) et la Condition de dessin (2 : avec Modèle vs Différée) comme facteurs inter-sujets a été réalisée. Nous verrons tout d'abord les résultats concernant les variables attestant de la réussite à la tâche, puis celles attestant de l'échec.

1.1. Variables attestant de la réussite à la tâche

▪ Présence de dessins reconnaissables

La Figure 38 présente l'évolution avec l'âge de la production de formes reconnaissables en fonction de la modalité d'exploration (Tactile vs Visuelle) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

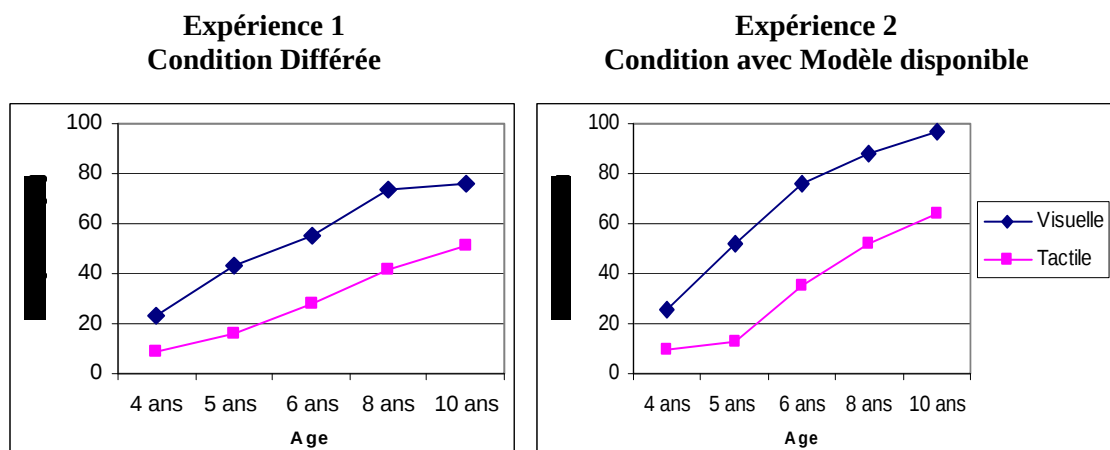


Figure 38 : Evolution avec l'âge de la production de formes reconnaissables en fonction de la modalité d'exploration dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Comme le montre la Figure 38, la production de formes reconnaissables augmente avec l'âge, $F(4,220) = 86.9$, $p < .01$, et elle est significativement plus fréquente lorsque les objets sont explorés visuellement (61%) que tactilement (32%), $F(1,220) = 177.9$, $p < .01$. Elle est aussi plus fréquente dans la condition avec modèle disponible (51%) que dans la condition différée (42%), $F(1,220) = 19.7$, $p < .01$. L'interaction tendanciellement significative entre la modalité d'exploration et la condition de

dessin indique que l'avantage de la condition avec modèle disponible est plus important pour la modalité visuelle (68 % vs 54%) que pour la modalité tactile (34 % vs 29%), $F(1,220) = 3.2$, $p = .07$. L'interaction entre l'âge et la condition de dessin échoue à atteindre le seuil de significativité, $F(4,220) = 2$, $p = .09$. Un contraste entre les enfants de 4 et 5 ans d'une part et les enfants de 6, 8 et 10 ans d'autre part montre que les bénéfices du dessin avec le modèle disponible ne sont présents que chez les enfants plus âgés (à partir de 6 ans), $F(1,220) = 12$, $p < .01$. Une interaction significative entre l'âge et la modalité révèle que les dessins sont davantage reconnaissables dans la modalité visuelle que dans celle tactile à partir de 5 ans, aucune différence significative entre ces modalités n'étant présente à 4 ans, $F(4,110) = 2.7$, $p < .05$. On observe également un décalage entre les deux modalités, les performances des enfants de 10 ans de la modalité tactile (57%) se situant entre celles des enfants de 5 et 6 ans de la modalité visuelle (respectivement 47% et 65%), $F(1,220) = 177.9$, $p < .01$.

Pour illustrer les performances des enfants, nous pouvons nous référer à la Figure 39 qui présente les dessins de la forme 5 réalisés dans une condition de dessin avec modèle disponible par des enfants âgés de 5, 6 et 10 ans dans la modalité tactile et visuelle. Cette Figure montre, qu'à âge égal, les performances des enfants en modalités visuelle et tactile ne sont pas équivalentes. En effet, les dessins de la forme 5 réalisés par des enfants de 10 ans de la modalité visuelle sont tous parfaitement reconnaissables, ce qui n'est pas le cas de ceux de la modalité tactile, où les performances sont plus proches de celles des enfants de 5-6 ans de la modalité visuelle. On voit également que les dessins réalisés par les enfants de 5 ans en modalité tactile sont moins reconnaissables que ceux des enfants du même âge qui ont exploré visuellement les objets.

Forme 5



Condition Modèle disponible

	TACTILE	VISUELLE
5 ans	 14 %	 83 %
6 ans	 47 %	 94 %
10 ans	 86 %	 100 %

Figure 39 : Illustrations des dessins de la forme 5 réalisés par des enfants de 5, 6 et 10 ans (de haut en bas) dans la modalité tactile (à gauche) et dans la modalité visuelle (à droite) et score obtenu pour la production de parties saillantes.

Un effet tendancielllement significatif entre la condition de dessin et la modalité d'exploration montre que la condition avec modèle disponible permet une amélioration des performances par rapport à la condition différée essentiellement dans la modalité visuelle (respectivement 68% et 54% dans la modalité visuelle vs 35% et 29% dans la modalité tactile), $F(1,220) = 3.2$, $p = .07$. Ce résultat est

illustré dans la Figure 40 présentant les dessins de la forme 6 réalisés par des enfants de 6 ans en modalité visuelle (en haut) et en modalité tactile (en bas) dans les deux conditions de dessin. Comme nous pouvons le constater, les dessins réalisés à partir d'une exploration visuelle sont davantage reconnaissables lorsqu'ils sont effectués avec le modèle disponible (64%) plutôt que de manière différée (39%). Toutefois, cette amélioration est beaucoup moins importante dans la modalité tactile (16% en différé et 29% avec le modèle disponible).

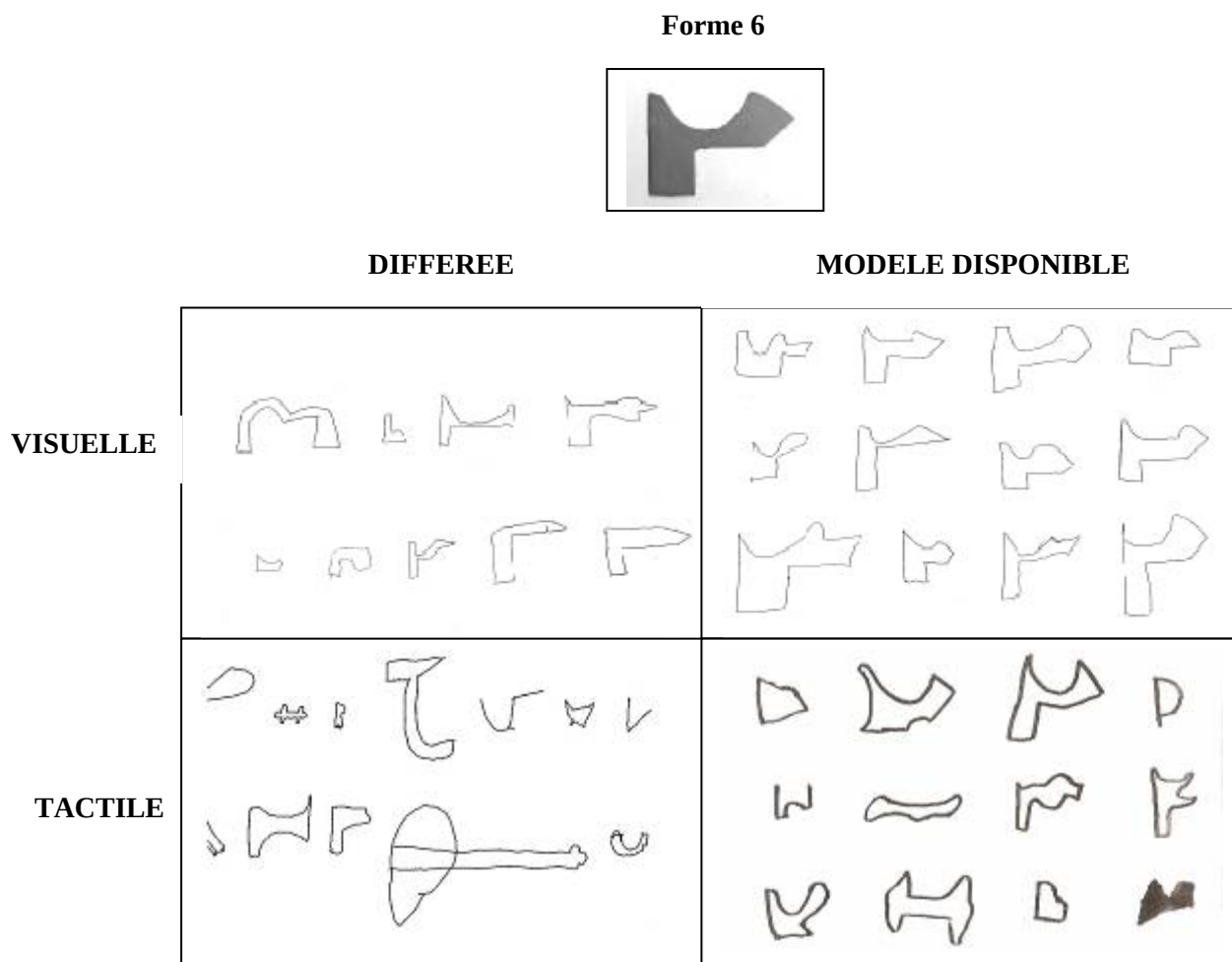


Figure 40 : Illustrations des dessins de la forme 6 réalisés par des enfants de 6 ans de la modalité visuelle (en haut) et de la modalité tactile (en bas) dans une condition de dessin différé à gauche (9 enfants), dans une condition de dessin avec modèle disponible (à droite).

▪ **Production des parties saillantes de l'objet**

L'évolution avec l'âge de la production des parties saillantes en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition modèle disponible (Expérience 2) est présentée dans la Figure 41.

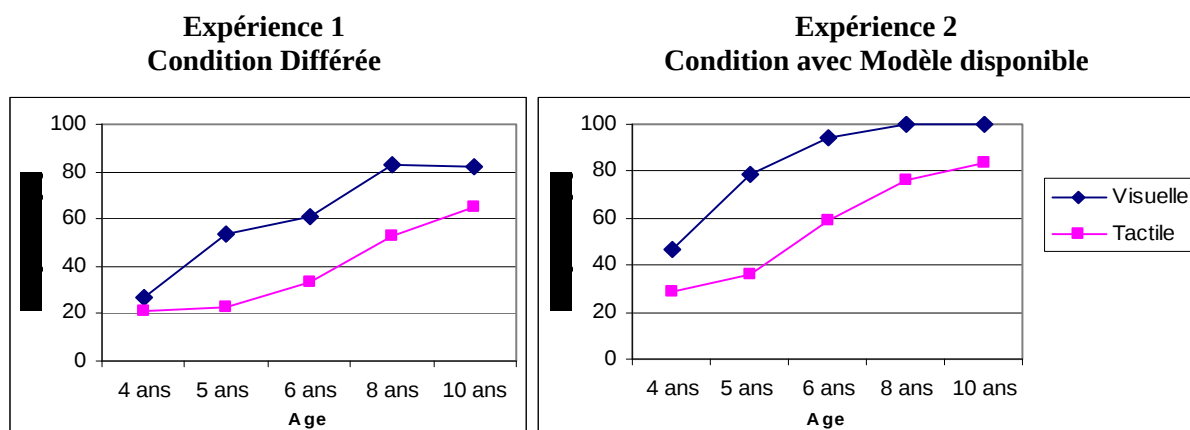


Figure 41 : Evolution avec l'âge de la production de parties saillantes en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée ou dans la condition 2 avec Modèle disponible.

Comme révélé par la Figure 41, la production de parties saillantes augmente avec l'âge, $F(4,220) = 68$, $p < .01$, et elle est significativement plus fréquente lorsque les objets sont explorés visuellement (73%) que tactilement (48%), $F(1,220) = 116$, $p < .01$. Elle est de même davantage observée quand le modèle est disponible (70%) que lorsqu'il ne l'est pas (50%), $F(1,220) = 75$, $p < .01$. Contrairement au critère de production de formes reconnaissables, aucun effet d'interaction entre la condition et la modalité n'apparaît, $F(1,220) = 1.2$, $p > .20$. Une interaction significative entre l'âge et la modalité révèle que les différences de performance entre les modalités d'exploration sont présentes entre 5 et 8 ans, âges auxquels les enfants de la modalité visuelle vont intégrer significativement plus de parties saillantes dans leurs dessins que ceux de la modalité tactile, $F(4,220) = 4$, $p < .01$. Comme précédemment, l'évolution avec l'âge de ce critère se traduit par un décalage entre les deux modalités. Les performances des enfants de 10 ans de la modalité tactile (74%) sont équivalentes à celles des enfants de 6 ans de la modalité visuelle (78%), $F(4,220) = 4$, $p < .01$. Pour l'illustration de ces performances, nous pouvons nous référer à la Figure 39, p. 114, qui montre que les enfants de 10 ans de la modalité tactile ne produisent pas autant de parties saillantes que ceux du même âge en modalité visuelle et ont des performances proches des enfants de 5 ans (modalité visuelle) pour le dessin de la forme 5.

Si l'on compare les résultats obtenus en codant les dessins en termes de formes reconnaissables ou de présence de parties saillantes, on relèvera que les performances sont globalement supérieures en considérant la variable « parties saillantes ».

▪ Taille des dessins

La Figure 42 représente l'évolution avec l'âge de la taille du dessin par rapport à la forme réelle en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

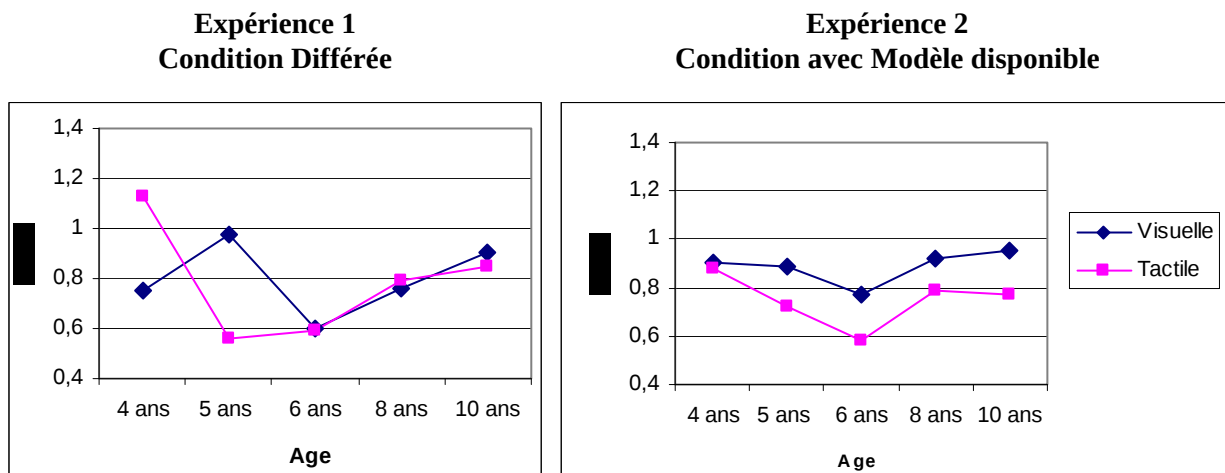


Figure 42 : Evolution avec l'âge de la taille du dessin par rapport aux modèles en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Les analyses révèlent un effet de l'âge, $F(4,220) = 8.8$, $p < .01$. Une tendance quadratique significative indique que la taille des dessins diminue jusqu'à 6 ans pour augmenter par la suite, $F(1,235) = 23.3$, $p < .01$. On relèvera un développement quelque peu différent entre 4 et 6 ans dans la condition différée, pour ce qui est de la modalité visuelle. On ne s'attardera pas sur cette différence, peu compréhensible à notre avis. Aucune différence significative n'apparaît entre les conditions de dessin, $F(1,220) < 1$. En revanche, un effet de la modalité d'exploration est révélé, lequel montre que la taille des modèles est plus souvent sous-estimée lorsque les formes sont explorées tactilement que visuellement ($M = 0.77$ vs $M = 0.84$), $F(1,220) = 5.8$, $p < .05$. Une interaction significative entre la condition de dessin et la modalité d'exploration précise que cette différence entre les modalités n'est présente que dans la condition de dessin avec modèle disponible, la taille des dessins issus d'une exploration visuelle étant moins sous-estimée lorsqu'ils sont réalisés avec le modèle disponible que de mémoire ($M = 0.89$ vs $M = 0.79$), $F(1,220) = 4$, $p < .05$.

La Figure 43 présente les dessins de la forme 1 réalisés par des enfants de 4, 6 et 10 ans dans la condition avec modèle après une exploration tactile et visuelle. Comme nous pouvons le voir, dans les deux modalités d'exploration, la taille des dessins diminue entre 4 et 6 ans puis augmente à 10 ans.

Forme 1

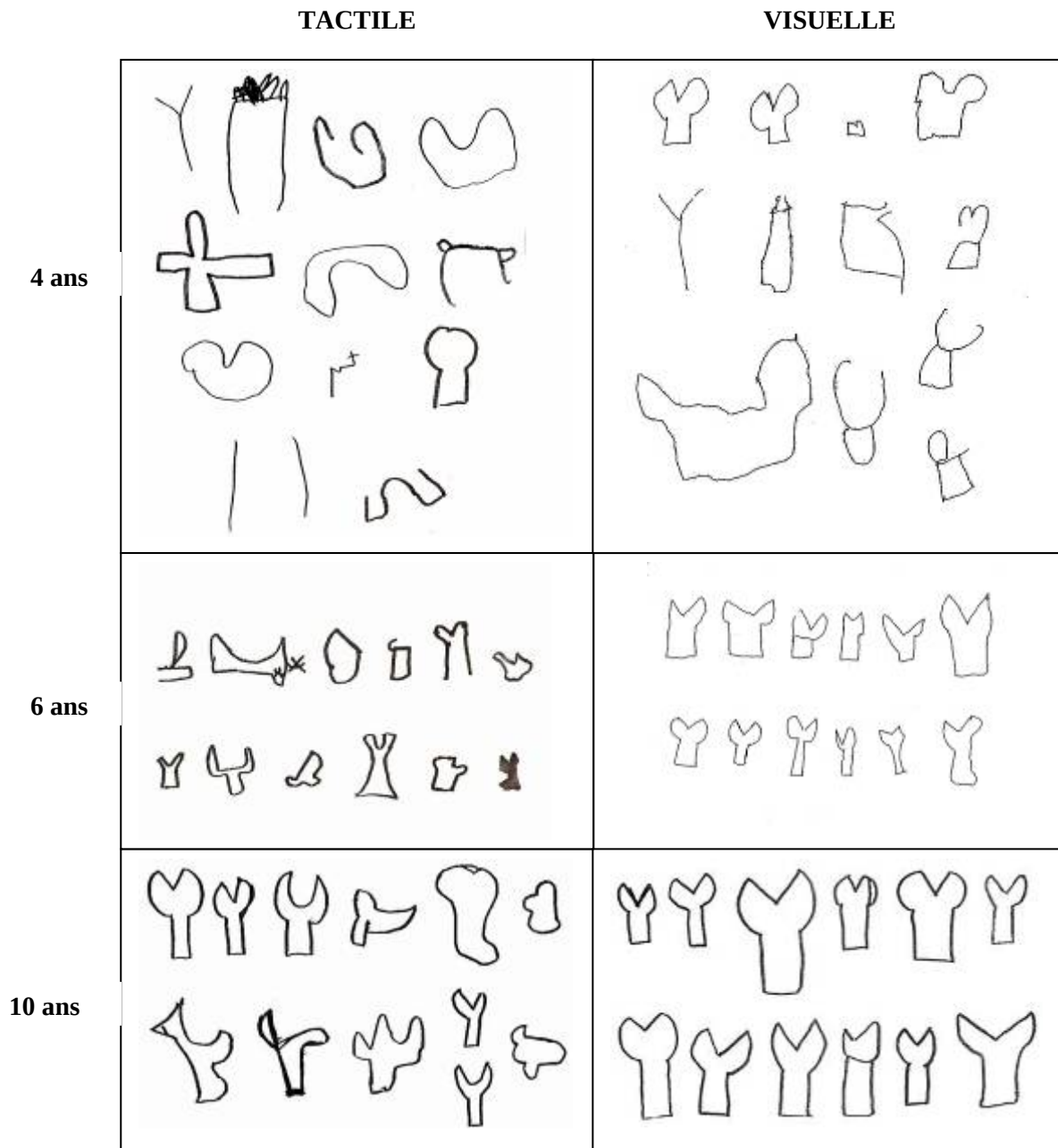


Figure 43 : Dessins de la forme 1 réalisés par des enfants de 4, 6 et 10 ans (de haut en bas) de la modalité tactile (à gauche) et de la modalité visuelle (à droite) dans une condition de dessin avec modèle disponible.

La Figure 44 présente les dessins de la forme 4 réalisés par des enfants de 5, 6 et 10 ans dans la condition avec modèle après une exploration tactile et visuelle. La taille des dessins ne varie pas entre

5 et 6 ans dans la modalité tactile tandis qu'elle diminue dans la modalité visuelle. De 6 à 10 ans, on observe la même évolution dans les deux modalités, à savoir une augmentation de la taille des dessins.

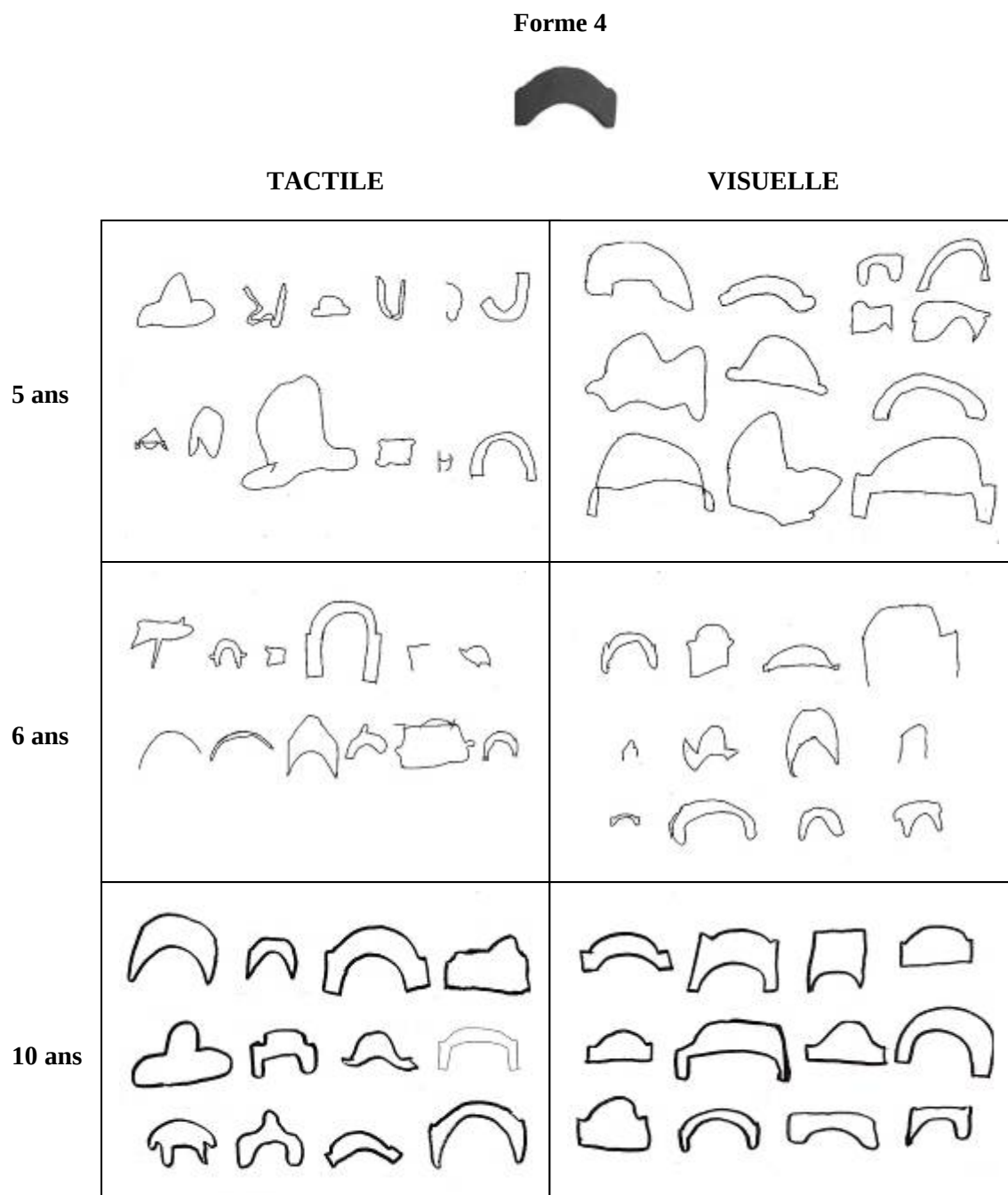


Figure 44 : Dessins de la forme 4 réalisés par des enfants de 5, 6 et 10 ans (de haut en bas) de la modalité tactile à gauche et dans la modalité visuelle à droite, dans une condition de dessin différé.

Un test de Student a été réalisé dans chaque groupe et à chaque âge afin de vérifier si la taille du dessin varie significativement par rapport à celle de la taille de la forme, c'est-à-dire si le score varie significativement de 1 (se référer à la méthode p. 110). Dans la condition avec modèle, la taille des modèles est systématiquement sous-estimée dans les dessins issus d'une exploration tactile ($t(60) =$

8.3, $p < .01$), tandis qu'elle est sous-estimée uniquement à 5 et 6 ans en modalité visuelle ($t_s(12) = p_s < .05$). Dans la condition différée, la taille des modèles est sous-estimée dans les dessins des enfants de la modalité tactile à tous les âges ($t(12) = -2$, $p = .07$ à 4 ans et $t_s(12) > -2.8$, $p_s < .05$ de 5 à 10 ans), tandis qu'elle est sous-estimée uniquement dans les dessins des enfants de 5 et 6 ans en modalité visuelle ($t_s(12) > -2.3$, $p_s < .05$ à 5 et 6 ans et $t_s(12) < -1.4$, $p_s > .10$ à 4, 8 et 10 ans).

L'analyse des scores de hauteur et de longueur révèle globalement les mêmes effets statistiques indiquant que le score obtenu pour la taille (score composite) n'est pas dû à une déformation sur l'un de ses axes et confirme la pertinence de son utilisation. Néanmoins, la description des résultats obtenus pour la hauteur et la longueur permet de préciser certains aspects.

▪ Hauteur des dessins

La Figure 45 représente l'évolution avec l'âge de la hauteur du dessin par rapport à la forme réelle en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

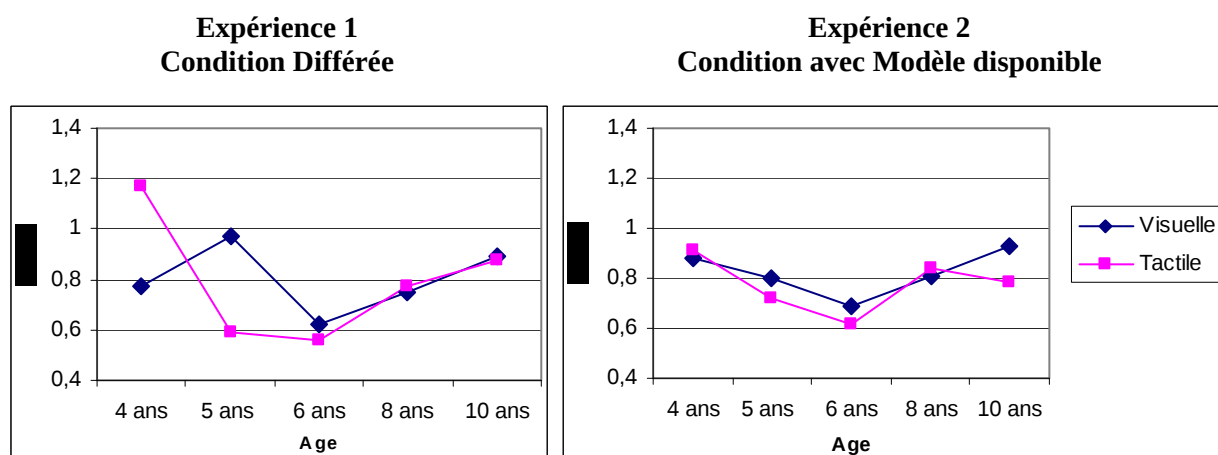


Figure 45 : Evolution avec l'âge de la hauteur du dessin par rapport aux modèles en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Comme précédemment, les analyses révèlent un effet significatif de l'âge, $F(4,220) = 9.3$, $p < .01$. Une tendance quadratique significative révèle une diminution de la hauteur entre 4 et 6 ans puis une augmentation jusqu'à 10 ans, $F(1,235) = 18.2$, $p < .01$. Aucune différence significative n'apparaît entre les conditions de dessin, $F(1,220) < 1$. On note qu'aucun effet de la modalité d'exploration, ou de l'interaction entre la modalité et la condition ne sont retrouvés ici, $F_s(1,220) < 1$.

▪ Longueur des dessins

La Figure 46 représente l'évolution avec l'âge de la longueur du dessin par rapport à la forme réelle en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

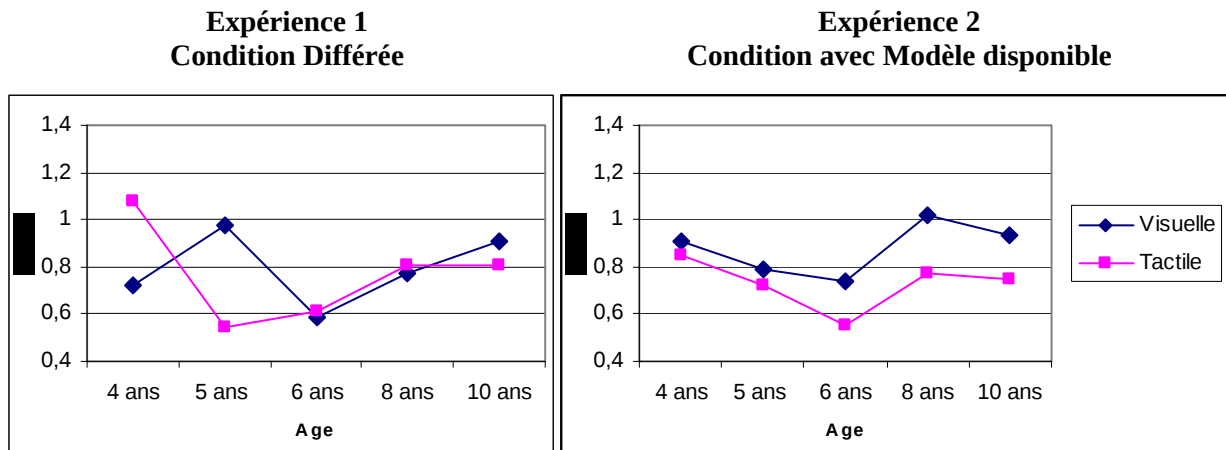


Figure 46 : Evolution avec l'âge de la longueur du dessin par rapport aux modèles en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Conformément aux scores de taille globale et de hauteur, les analyses révèlent un effet significatif de l'âge, $F(4,220) = 7.5$, $p < .01$. Une diminution de la longueur entre 4 et 6 ans et une augmentation jusqu'à 10 ans sont confirmées par une tendance quadratique significative, $F(1,235) = 17.3$, $p < .01$. Aucune différence significative n'apparaît entre les conditions de dessin, $F(1,220) < 1$. L'effet de la modalité d'exploration et l'effet d'interaction entre la modalité et la condition mis en évidence pour la taille globale sont retrouvés ici, $F_s(1,220) > 3.5$, $p_s < .06$. Ainsi, la longueur des formes est plus sous-estimée dans les dessins des enfants qui ont exploré les objets tactilement plutôt que visuellement, en particulier lorsque les dessins sont réalisés avec le modèle disponible.

▪ Production de figures fermées

La Figure 47 représente l'évolution avec l'âge de la production de formes fermées en fonction de la modalité (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

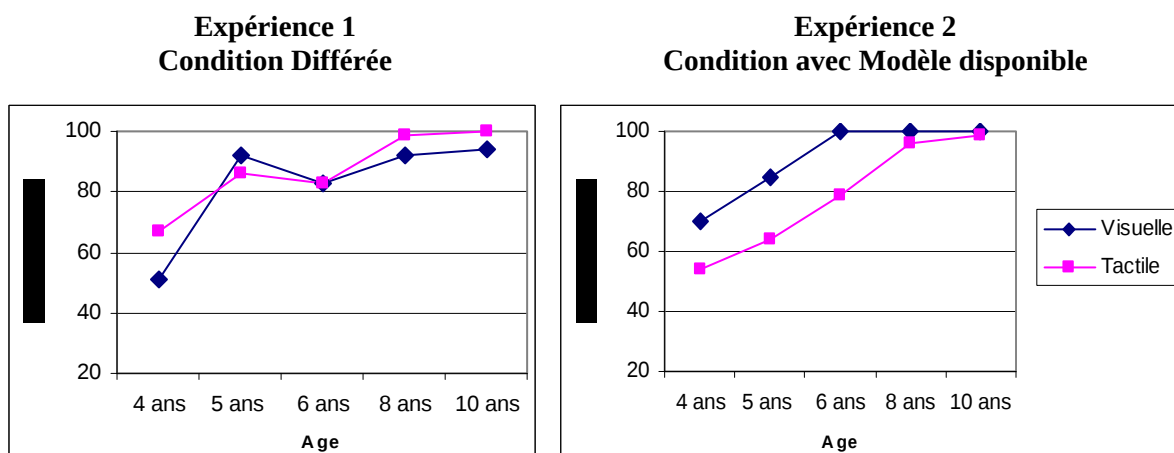


Figure 47 : Evolution avec l'âge de la présence de formes fermées en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Comme le montre cette Figure, la production de formes fermées augmente rapidement avec l'âge, $F(4,220) = 19.2$, $p < .01$. Les résultats ne mettent pas en évidence d'effet de la modalité d'exploration, $F(1,220) = 1.6$, $p > .20$, ni de la condition de dessin, $F(1,220) < 1$. Toutefois, une interaction significative entre la condition et la modalité, $F(1,220) = 8$, $p < .01$, révèle que les dessins fermés sont plus fréquents après une exploration visuelle que tactile dans la condition de dessin avec modèle disponible (91% vs 78%). En revanche, dans la condition de dessin différé, aucune différence significative entre les modalités d'exploration n'apparaît.

1.2. Variables attestant de l'échec à la tâche

■ Production de dessins constructionnels

L'évolution avec l'âge de la production de dessins constructionnels en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2) est présentée dans la Figure 48.

La production de dessins constructionnels diminue fortement avec l'âge pour devenir assez rare à partir de 6 ans, $F(4,220) = 14.9$, $p < .01$. Elle est plus importante dans la modalité visuelle (13 %) que dans celle tactile (6 %), $F(1,220) = 9.9$, $p < .01$. Aucun effet significatif de la condition de dessin n'apparaît, $F(1,220) < 1$. Une interaction significative entre l'âge et la modalité atteste que ce n'est qu'à 4 ans que la modalité visuelle donne lieu à plus de dessins constructionnels que la modalité tactile, $F(4,220) = 6.8$, $p < .01$.

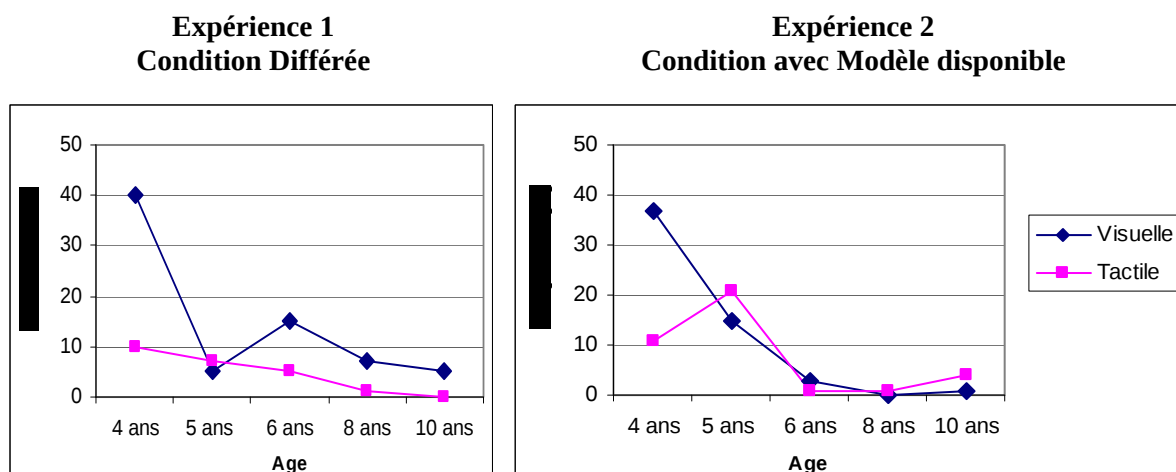


Figure 48 : Evolution avec l'âge de la production de dessins constructionnels en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Pour illustrer ce résultat, nous pouvons nous référer à la Figure 49 qui présente des dessins de la forme 1 réalisés par les enfants de 4 ans dans la modalité tactile et visuelle. Cette figure montre que les enfants de 4 ans, dans la modalité tactile, dessinent moins fréquemment la forme 1 par un agencement de formes géométriques que ne le font les enfants de la modalité visuelle. Cela ne signifie pas pour autant que les enfants ayant exploré tactilement les objets parviennent à une représentation plus globale de l'objet. En effet, nous pouvons constater que les dessins des enfants de 4 ans, en modalité tactile, sont très simplifiés ou encore incomplets, restituant avant tout une partie, du moins, du trajet d'exploration manuelle de la forme. Or les dessins constructionnels impliquent une complexité plus grande du dessin, avec agencement de parties et non pas élimination de parties.

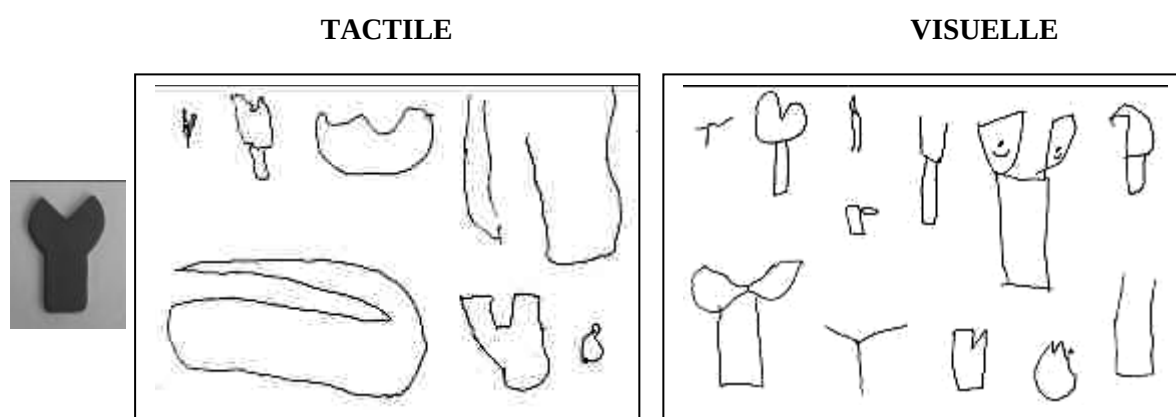


Figure 49 : Illustrations de la forme 1 (à gauche) réalisées par 8 enfants de 4 ans à partir d'une exploration tactile (au milieu) et 12 enfants de 4 ans à partir d'une exploration visuelle (à droite).

- **Présence d'une assimilation à un objet connu**

L'évolution avec l'âge de la présence « d'assimilations » en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2) est illustrée dans la Figure 50.

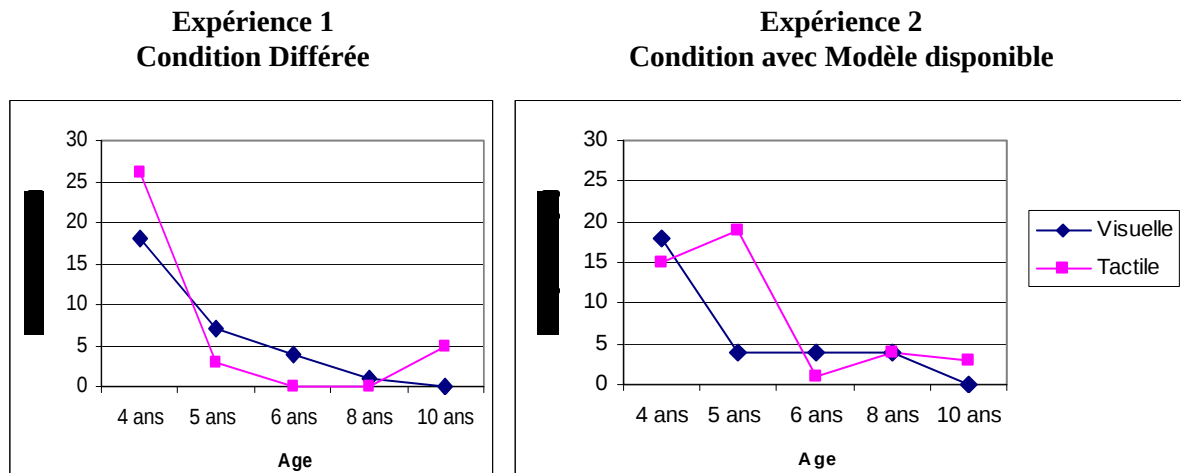


Figure 50 : Evolution avec l'âge de la présence « d'assimilations » en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs tactile) dans la condition Différée (Expérience 1) ou dans la condition avec Modèle disponible (Expérience 2).

Comme le montre cette Figure, la présence d'assimilations diminue fortement avec l'âge pour devenir très rare à partir de 6 ans, $F(4,220) = 10.6$, $p < .01$. Les analyses ne révèlent pas d'effet de la modalité d'exploration, ni de la condition de dessin, $F_s(1,220) < 1$. Les enfants de la modalité tactile font plus souvent des assimilations à des objets connus pour la forme 6  (12%) : un soleil, la lettre « T », le chiffre « 1 ». Les enfants de la modalité visuelle font plus souvent des assimilations pour l'objet 3,  (12%), très souvent assimilé à une maison à l'envers mais aussi à une flèche ou à une fusée. C'est donc la partie pointue de l'objet qui a induit ces dessins erronés.

- **Oubli au moment du dessin**

Ce critère n'est pas observé dans l'Expérience 2 où le dessin est réalisé avec le modèle disponible mais uniquement dans l'Expérience 1 où le dessin est réalisé après l'exploration.

L'évolution avec l'âge de la présence d'oubli en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs tactile) dans l'Expérience 1 est illustrée dans la Figure 51.

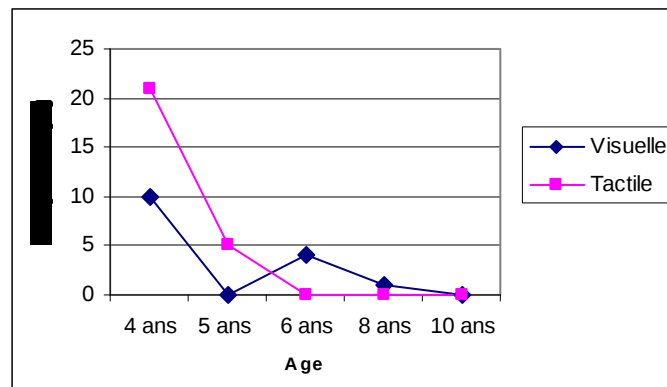


Figure 51 : Evolution avec l'âge de la fréquence d'oubli en fonction de la modalité d'exploration (Visuelle vs Tactile).

La fréquence des oublis ne différencie pas les modalités d'exploration, $F(1,110) = 1.5$, $p > .20$. On note une diminution avec l'âge de l'oubli, les enfants de 4 ans oubliant plus fréquemment les objets explorés que les autres, $F(4,110) = 14$, $p < .01$. Un effet d'interaction entre l'âge et la modalité indique qu'à 4 ans, l'oubli est plus fréquent dans la modalité tactile que visuelle, $F(4,110) = 3$, $p < .05$. Après cet âge, l'oubli est rare dans les deux modalités. C'est la forme 6  qui est la plus souvent oubliée dans les deux modalités (33% dans la modalité tactile et 16% dans la modalité visuelle).

Examinons maintenant le lien entre ces productions graphiques et les types d'exploration manuelle réalisés par les enfants (voir chapitre 1 pour l'analyse de ces explorations).

2. Mise en relation des performances de dessin avec l'exploration tactile.

Des corrélations de Pearson ont été calculées entre les variables codées pour l'exploration³ et celles utilisées pour évaluer les productions graphiques, dans chaque condition de dessin. Afin de calculer des corrélations entre les variables de l'exploration et la production de la taille, nous avons modifié les scores de production de la taille. Nous avons calculé l'écart entre la taille du dessin et celle du modèle en valeur absolue (plus l'écart est petit, plus la taille est conforme au modèle). Nous nous intéresserons à la relation entre l'exploration manuelle et les variables attestant de la réussite à la tâche, puis celles attestant de l'échec à la tâche.

2.1. Relation entre l'exploration manuelle et les variables attestant de la réussite à la tâche

2.1.1. Condition différée (Expérience 1)

Les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration (exploration complète de la forme, nombre de stratégies différentes, temps d'exploration, exploration bimanuelle) et les variables attestant de la réussite à la tâche (production de formes reconnaissables, de parties saillantes, de formes fermées et d'une taille conforme) sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variable	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Exploration complète de la forme	r = 0.30 p = 0.018 *	r = 0.31 p = 0.015 *	r = 0.49 p = 0.0001 *	r = -0.33 p = 0.010 *
Nombre de stratégies différentes	r = 0.61 p = 0.0001 *	r = 0.60 p = 0.0001 *	r = 0.34 p = 0.008 *	r = -0.26 p = 0.041 *
Temps d'exploration	r = 0.19 p = 0.152	r = 0.14 p = 0.290	r = -0.06 p = 0.670	r = -0.07 p = 0.611
Exploration bimanuelle	r = 0.46 p = 0.0001 *	r = 0.44 p = 0.0001 *	r = 0.32 p = 0.012 *	r = -0.15 p = 0.249

Les analyses montrent que les dessins sont davantage reconnaissables lorsque les formes sont explorées entièrement, $r = 0.30$, $p < .05$, avec un nombre élevé de stratégies exploratoires différentes, $r = 0.61$, $p < .01$, et de manière bimanuelle, $r = 0.46$, $p < .01$. De même, ils contiennent davantage de parties saillantes après une exploration complète, bimanuelle et mettant en œuvre un nombre élevé de

³ L'exploration dynamique n'a pas été prise en compte dans cette analyse corrélationnelle car sa fréquence varie très peu, les enfants mettant en œuvre ce type d'exploration dans plus de 90% des cas.

stratégies, respectivement $r = 0.31$, $p < .05$, $r = 0.44$, $p < .01$ et $r = 0.60$, $p < .01$. La fréquence de reproductions fermées est également corrélée positivement avec la présence d'une exploration complète de la forme, $r = 0.49$, $p < .01$, d'une exploration bimanuelle, $r = 0.32$, $p < .05$ et d'un nombre important de stratégies différentes, $r = 0.34$, $p < .01$. La production de la taille est corrélée négativement avec la présence d'une exploration complète de la forme et un nombre élevé de stratégies, respectivement, $r = -0.33$, $p < .05$ et $r = -0.26$, $p < .05$. Cela indique que les enfants respectent davantage la taille des modèles dans leur dessin lorsqu'ils les ont explorés entièrement et avec plusieurs stratégies. On note qu'aucune relation significative n'est trouvée entre le temps d'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche ($r = 0.19$, $p > .10$ pour la production de formes reconnaissables, $r = 0.14$, $p > .20$ pour la production de parties saillantes, $r = -0.06$, $p > .60$, pour la présence de reproductions fermées et $r = -0.02$, $p > .80$ pour la production de la taille).

Le Tableau 10 présente les corrélations entre les différentes stratégies exploratoires codées (suivi de contour, enveloppement de la forme globale, enveloppement de formes locales, pince, contact statique, balayage de la surface et mouvements symétriques) et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Tableau 10 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variables	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Suivi de contour	$r = 0.321$ $p = 0.114$	$r = 0.20$ $p = 0.120$	$r = 0.55$ $p = 0.0001 *$	$r = -0.31$ $p = 0.015 *$
Enveloppement forme globale	$r = 0.29$ $p = 0.024 *$	$r = 0.23$ $p = 0.082$	$r = 0.07$ $p = 0.572$	$r = -0.04$ $p = 0.763$
Enveloppement formes locales	$r = 0.49$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.54$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.35$ $p = 0.006 *$	$r = -0.32$ $p = 0.013 *$
Pince	$r = 0.52$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.55$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.35$ $p = 0.006 *$	$r = -0.21$ $p = 0.100$
Contact statique	$r = 0.04$ $p = 0.779$	$r = -0.05$ $p = 0.708$	$r = -0.03$ $p = 0.842$	$r = 0.09$ $p = 0.471$
Balayage de la surface	$r = -0.08$ $p = 0.512$	$r = -0.12$ $p = 0.338$	$r = -0.44$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.14$ $p = 0.290$
Mouvements symétriques	$r = 0.46$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.45$ $p = 0.0001 *$	$r = 0.31$ $p = 0.015 *$	$r = -0.16$ $p = 0.211$

Lorsque l'on s'intéresse plus précisément aux différentes stratégies utilisées, les analyses révèlent que l'utilisation des stratégies d'enveloppement de formes locales, de pince et de mouvements symétriques permet de bonnes performances de dessin en termes de reconnaissabilité (respectivement $r = 0.49$, $p < .01$; $r = 0.52$, $p < .01$ et $r = 0.46$, $p < .01$), de parties saillantes (respectivement $r = 0.54$, $p < .01$; $r = 0.55$, $p < .01$ et $r = 0.45$, $p < .01$), et de reproductions fermées (respectivement $r = 0.35$, $p < .01$; $r = 0.35$,

$p < .01$ et $r = 0.31$, $p < .05$). L'utilisation de l'enveloppement de la forme globale facilite également la production d'une forme reconnaissable, $r = 0.29$, $p < .01$. Le suivi de contour entraîne davantage de reproductions fermées, $r = 0.55$, $p < .01$, contrairement à la stratégie de balayage de la surface, $r = -0.4$, $p < .01$. Enfin, la taille des dessins est plus souvent conforme à celle des modèles lorsque le suivi de contour et l'enveloppement de formes locales sont employés, respectivement, $r = -0.31$, $p < .05$ et $r = -0.32$, $p < .05$.

2.1.2. Condition avec modèle disponible (Expérience 2)

Les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche sont présentées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variable	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Exploration complète de la forme	$r = 0.39$ $p = 0.009$ *	$r = 0.34$ $p = 0.021$ *	$r = 0.28$ $p = 0.060$ *	$r = 0.14$ $p = 0.354$
Nombre de stratégies différentes	$r = 0.49$ $p = 0.001$ *	$r = 0.53$ $p = 0.0001$ *	$r = 0.20$ $p = 0.198$	$r = 0.01$ $p = 0.935$
Temps d'exploration	$r = 0.45$ $p = 0.002$ *	$r = 0.40$ $p = 0.007$ *	$r = 0.20$ $p = 0.180$	$r = -0.03$ $p = 0.834$
Activités en alternance	$r = 0.50$ $p = 0.749$	$r = 0.03$ $p = 0.835$	$r = -0.10$ $p = 0.517$	$r = -0.08$ $p = 0.618$
Exploration bimanuelle	$r = 0.41$ $p = 0.005$ *	$r = 0.47$ $p = 0.001$ *	$r = 0.21$ $p = 0.174$	$r = -0.08$ $p = 0.587$
Nombre de retours sur la forme	$r = 0.50$ $p = 0.001$ *	$r = 0.50$ $p = 0.001$ *	$r = 0.16$ $p = 0.313$	$r = -0.12$ $p = 0.419$
Activités simultanées	$r = 0.07$ $p = 0.660$	$r = 0.10$ $p = 0.523$	$r = 0.07$ $p = 0.629$	$r = 0.17$ $p = 0.269$
Activités alternées + simultanées	$r = -0.07$ $p = 0.635$	$r = -0.08$ $p = 0.599$	$r = 0.08$ $p = 0.607$	$r = -0.03$ $p = 0.833$

Dans cette condition de dessin également, les formes sont davantage reconnaissables, contiennent plus de parties saillantes et sont plus souvent dessinées fermées lorsqu'elles sont explorées entièrement, respectivement $r = 0.39$, $p < .01$; $r = 0.35$, $p < .05$ et $r = 0.29$, $p = .06$. De même, un nombre élevé de stratégies, un temps d'exploration important et une exploration bimanuelle conduisent plus fréquemment à la production de formes reconnaissables (respectivement $r = 0.49$, $p < .01$ et $r = 0.45$, $p < .01$) et de parties saillantes (respectivement $r = 0.53$, $p < .01$ et $r = 0.4$, $p < .01$). Aucune corrélation significative n'apparaît entre les variables d'exploration et la production de la taille, $r_s < 0.17$, $p_s > .20$.

Le type d'organisation de l'activité (exploration et dessin différé ; exploration et dessin simultané ; ces deux types d'organisation réunis) n'est pas corrélé avec les performances de dessin, comme l'indique l'absence de corrélations avec la production de formes reconnaissables ($r_s < 0.07$, $p_s > .60$), de parties saillantes ($r_s < 0.10$, $p_s > .50$), de formes fermées ($r_s < 0.10$, $p_s > .50$) et de la taille ($r_s < 0.20$, $p_s > .10$). En revanche, lorsque les activités d'exploration et de dessin sont réalisées en différé, l'analyse montre que les dessins sont plus souvent reconnaissables et contiennent davantage de parties saillantes quand le nombre de retours sur la forme est élevé, $r_s = 0.50$, $p_s < .01$. De même, les performances pour ces deux critères sont meilleures lorsque l'exploration est bimanuelle ($r = 0.41$, $p < .01$ pour la production de formes reconnaissables et $r = 0.47$, $p < .01$ pour la production de parties saillantes).

Le Tableau 12 présente les corrélations entre les différentes stratégies exploratoires codées et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Tableau 12 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de la réussite de la tâche.

Variables	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Suivi de contour	$r = 0.20$ $p = 0.187$	$r = 0.25$ $p = 0.095$	$r = 0.37$ $p = 0.013$ *	$r = - 0.22$ $p = 0.147$
Enveloppement forme globale	$r = 0.17$ $p = 0.277$	$r = 0.19$ $p = 0.203$	$r = 0.06$ $p = 0.709$	$r = 0.20$ $p = 0.191$
Enveloppement formes locales	$r = 0.27$ $p = 0.074$ ^{t*}	$r = 0.30$ $p = 0.046$ *	$r = 0.13$ $p = 0.384$	$r = 0.30$ $p = 0.047$ *
Pince	$r = 0.55$ $p = 0.0001$ *	$r = 0.59$ $p = 0.0001$ *	$r = 0.25$ $p = 0.107$	$r = - 0.05$ $p = 0.739$
Contact statique	$r = - 0.14$ $p = 0.363$	$r = - 0.04$ $p = 0.800$	$r = 0.07$ $p = 0.669$	$r = - 0.13$ $p = 0.399$
Balayage de la surface	$r = - 0.03$ $p = 0.821$	$r = - 0.09$ $p = 0.529$	$r = - 0.40$ $p = 0.009$ *	$r = - 0.12$ $p = 0.440$
Mouvements symétriques	$r = 0.51$ $p = 0.0001$ *	$r = 0.46$ $p = 0.002$ *	$r = 0.24$ $p = 0.117$	$r = - 0.09$ $p = 0.542$

En ce qui concerne les différentes stratégies exploratoires, l'analyse révèle que l'utilisation du suivi de contour entraîne davantage de reproductions fermées, $r = 0.37$, $p < .05$, contrairement à la stratégie de balayage, $r = - 0.40$, $p < .01$. La production de formes reconnaissables et de parties saillantes est plus importante lorsque les enfants utilisent les stratégies de pince (respectivement, $r = 0.55$, $p < .01$ et $r = 0.59$, $p < .01$), de mouvements symétriques (respectivement, $r = 0.50$, $p < .01$ et $r = 0.46$, $p < .01$), ainsi que la stratégie d'enveloppement de formes locales (respectivement, $r = 0.27$, $p = .07$ et $r = 0.30$, $p < .05$). Enfin, la taille des dessins s'écarte plus souvent de celle des modèles lorsqu'ils ont été explorés avec l'enveloppement de formes locales, $r = 0.30$, $p < .05$.

2.2. Relations entre l'exploration manuelle et les variables attestant de l'échec à la tâche

2.2.1. Condition différée (Expérience 1)

Le Tableau 13 présente les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche (oubli, présence d'une assimilation à une forme connue et dessins constructionnels).

Tableau 13 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variable	Oubli	Assimilation	Dessins constructionnels
Exploration complète de la forme	$r = -0.26$ $p = 0.045$ *	$r = -0.56$ $p = 0.0001$ *	$r = -0.38$ $p = 0.003$ *
Nombre de stratégies différentes	$r = -0.43$ $p = 0.001$ *	$r = -0.13$ $p = 0.310$	$r = -0.06$ $p = 0.639$
Temps d'exploration	$r = -0.17$ $p = 0.201$	$r = -0.22$ $p = 0.097$	$r = -0.11$ $p = 0.397$
Exploration bimanuelle	$r = -0.32$ $p = 0.013$ *	$r = 0.09$ $p = 0.505$	$r = -0.11$ $p = 0.410$

Les assimilations sont moins fréquentes lorsque toute la forme est explorée, $r = -0.56$, $p < .05$. De même, l'oubli est moins important quand les formes sont explorées entièrement, bimanuellement et avec un nombre important de stratégies différentes, respectivement $r = -0.26$, $p < .05$; $r = -0.32$, $p < .05$ et $r = -0.43$, $p < .01$. Enfin, les enfants produisent davantage de dessins constructionnels lorsque l'exploration des formes n'est pas complète, $r = -0.38$, $p < .01$.

Les corrélations entre les différentes stratégies d'exploration codées et les variables attestant de l'échec sont présentées dans le Tableau 14.

L'oubli des formes est moins fréquent lorsqu'elles ont été explorées avec des stratégies d'enveloppement de la forme globale, d'enveloppement de formes locales et de pince, respectivement $r = -0.24$, $p = .06$, $r = -0.37$, $p < .01$ et $r = -0.37$, $p < .01$. De même, la présence d'assimilations à une forme connue est moins importante lorsque les formes sont explorées avec le suivi de contour, $r = -0.59$, $p < .01$. A l'inverse, lorsque les stratégies de balayage et de contact statique sont utilisées, les assimilations augmentent, respectivement $r = -0.27$, $p < .05$ et $r = -0.34$, $p < .01$. Enfin, les enfants produisent plus souvent des dessins constructionnels quand ils ont employé la stratégie de balayage de la surface, $r = 0.30$, $p < .05$.

Tableau 14 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variables	Oubli	Assimilation	Dessins constructionnels
Suivi de contour	r = - 0.07 p = 0.591	r = - 0.59 p = 0.0001 *	r = - 0.21 p = 0.098
Enveloppement forme globale	r = - 0.24 p = 0.061 *	r = 0.09 p = 0.489	r = - 0.14 p = 0.270
Enveloppement formes locales	r = - 0.37 p = 0.003 *	r = - 0.20 p = 0.117	r = - 0.11 p = 0.392
Pince	r = - 0.37 p = 0.004 *	r = - 0.19 p = 0.153	r = - 0.07 p = 0.580
Contact statique	r = - 0.004 p = 0.997	r = 0.27 p = 0.034 *	r = - 0.02 p = 0.876
Balayage de la surface	r = - 0.11 p = 0.401	r = 0.34 p = 0.008 *	r = 0.30 p = 0.020 *
Mouvements symétriques	r = - 0.15 p = 0.261	r = - 0.12 p = 0.348	r = -0.09 p = 0.479

2.2.2. Condition avec modèle disponible (Expérience 2)

Le Tableau 15 présente les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Tableau 15 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variable	Assimilation	Dessins constructionnels
Exploration complète de la forme	r = -0.11 p = 0.473	r = -0.25 p = 0.100
Nombre de stratégies différentes	r = -0.10 p = 0.517	r = -0.01 p = 0.922
Temps d'exploration	r = -0.28 p = 0.069 ^{t*}	r = -0.20 p = 0.183
Activités en alternance	r = 0.18 p = 0.244	r = 0.19 p = 0.224
Exploration bimanuelle	r = -0.16 p = 0.288	r = 0.09 p = 0.549
Nombre de retours sur la forme	r = -0.39 p = 0.008 *	r = -0.13 p = 0.410
Activités simultanées	r = -0.18 p = 0.248	r = -0.17 p = 0.256
Activités alternées + simultanées	r = -0.18 p = 0.249	r = -0.17 p = 0.270

Les analyses révèlent que les assimilations tendent à être moins fréquentes lorsque les enfants explorent plus longtemps la forme, $r = -0.27$, $p = .07$. Comme pour la condition différée, les différents types d'organisation de l'activité (activités en alternance ; activités simultanées ; les deux types d'organisation réunis) ne sont pas corrélés avec la production d'assimilations (respectivement $r = 0.18$, $p > .20$; $r = -0.18$, $p > .20$ et $r = -0.18$, $p > .20$) et la production de dessins constructionnels (respectivement $r = 0.19$, $p > .50$; $r = -0.17$, $p > .20$ et $r = -0.17$, $p > .20$). En revanche, lorsque les enfants privilégient une organisation des activités en alternance, ils produisent moins souvent d'assimilations quand ils font de nombreux retours sur la forme, $r = -0.39$, $p < .01$.

Les corrélations entre les différentes stratégies d'exploration codées et les variables attestant de l'échec sont présentées dans le Tableau 16.

Tableau 16 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variables	Assimilation	Dessins constructionnels
Suivi de contour	$r = -0.30$ $p = 0.045$ *	$r = -0.17$ $p = 0.276$
Enveloppement forme globale	$r = 0.08$ $p = 0.598$	$r = 0.004$ $p = 0.977$
Enveloppement formes locales	$r = 0.08$ $p = 0.605$	$r = -0.05$ $p = 0.750$
Pince	$r = -0.06$ $p = 0.713$	$r = 0.07$ $p = 0.657$
Contact statique	$r = -0.05$ $p = 0.764$	$r = -0.16$ $p = 0.292$
Balayage de la surface	$r = 0.04$ $p = 0.798$	$r = 0.02$ $p = 0.873$
Mouvements symétriques	$r = -0.20$ $p = 0.190$	$r = -0.01$ $p = 0.920$

Les analyses révèlent une seule corrélation significative entre les différentes stratégies exploratoires et les variables attestant de l'échec à la tâche. Une corrélation négative entre la production d'assimilations et la présence de la stratégie de suivi de contour indique que les enfants réalisent moins souvent d'assimilations à une forme connue lorsqu'ils utilisent le suivi de contour, $r = -0.3$, $p < .05$.

Examinons maintenant les données issues des enfants déficients visuels.

II. Représentations graphiques de formes bidimensionnelles chez des enfants aveugles et malvoyants dans une condition de dessin différé (Expérience 3).

L'Expérience 3 s'intéresse au développement des représentations graphiques de formes géométriques bidimensionnelles chez des enfants aveugles et malvoyants âgés de 6-9 ans et 10-13 ans. Une condition de dessin différé par rapport à l'exploration est retenue, afin de faciliter la production de dessins chez les enfants aveugles. En effet, la production de dessin est plus difficile chez les aveugles que chez les voyants et les malvoyants malgré l'utilisation d'un matériel adapté (planches Dycem). Sur le plan perceptif, le contrôle tactile de l'exécution du dessin en cours est bien plus précaire que le contrôle visuel des voyants, en raison de l'exiguïté du champ perceptif tactile, du caractère séquentiel de l'appréhension et de la difficulté perceptivo-motrice du suivi des lignes par une main tandis que l'autre dessine. De ce fait, une condition de dessin avec modèle disponible aurait rendu plus compliquée l'activité de dessin puisque l'enfant aurait perdu ses repères chaque fois qu'il serait retourné explorer la forme.

Par ailleurs, bien que le toucher soit moins spécialisé que la vision pour traiter les propriétés géométriques d'un objet (telle que la forme), il est capable d'interpréter plusieurs aspects des contours (les bords et les surfaces) d'une image bidimensionnelle (Kennedy, 1997). De plus, plusieurs auteurs ont montré de réelles capacités à dessiner chez les aveugles (D'Angiulli & Maggi, 2003 ; D'Angiulli et al., 2008; Kennedy, 1982, 1983, 1993, 1997, 2000 ; Kennedy et al., 1991 ; Millar, 1975). L'étude de D'Angiulli et Kennedy (2001) a révélé que les enfants aveugles sont capables de dessiner des formes bidimensionnelles d'objets familiers. Par conséquent, nous pensons que les enfants aveugles, comme les enfants malvoyants, devraient être capables de restituer la forme des objets explorés dans des proportions non négligeables. En accord avec les résultats obtenus précédemment chez les enfants voyants travaillant sans voir, les enfants déficients visuels devraient avoir de meilleures performances lorsqu'il s'agit de produire les parties saillantes plutôt que la forme globale. Enfin, nous pensons que l'expérience visuelle peut être facilitatrice, même si elle n'est pas une condition indispensable pour comprendre les images tactiles et dessiner (D'Angiulli & Maggi, 2003 ; D'Angiulli et al., 2008; Heller, 1989; Kennedy, 1982, 1983, 1993, 1997, 2000; Kennedy et al., 1991 ; Millar, 1975). De ce fait, les enfants malvoyants, qui bénéficient à la fois de leur expérience visuelle qui leur a permis d'accéder aux codes graphiques et de l'exercice de la modalité tactile, devraient avoir de meilleures performances que les enfants aveugles en ce qui concerne la production de dessins reconnaissables, de parties saillantes et de formes fermées.

METHODE

Sujets

38 enfants déficients visuels âgés de 6 à 13 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à cette étude. Ces enfants, de langue maternelle française, étaient distingués selon leur déficience visuelle (cécité ou malvoyance). Les enfants malvoyants appartenaient aux catégories 1, 2, 3 décrites dans classification de l'OMS. Les enfants aveugles correspondaient aux catégories 4 et 5 ans et étaient tous aveugles précoces sans troubles associés (se référer à l'Annexe 1 p. 288 pour les catégories OMS). Les sujets étaient répartis dans deux groupes d'âge : 6-9 ans et 10-13 ans. Ces deux groupes d'âge étaient constitués de neuf enfants aveugles et de dix enfants malvoyants. Les caractéristiques détaillées des enfants sont présentées dans le chapitre 1, p. 64.

Matériel

Comme pour les enfants voyants, nous avons utilisé les formes en relief (six formes pour la phase d'entraînement et six formes pour la phase expérimentale) et le panneau afin de cacher les formes à la vue des enfants. Ce panneau n'était pas utile pour les enfants aveugles mais nous l'avons utilisé tout de même afin de conserver la même situation expérimentale que chez les enfants voyants. Pour dessiner, c'est le matériel le plus familier à l'enfant qui a été utilisé. Dans le cas où l'enfant n'avait aucune familiarité avec un matériel, l'expérimentateur a choisi ce qui convenait le mieux en fonction de son âge et de la nature de son handicap visuel. Ainsi, certains dessins sont réalisés sur des feuilles blanches avec des stylos ou des feutres (utilisés par tous les enfants malvoyants et par six enfants aveugles : trois enfants de 6-9 ans et trois de 10-13 ans) ou à l'aide d'une planche Dycem, tapis collant en caoutchouc, sur laquelle est fixée une feuille plastifiée où l'on peut tracer des motifs en créant du relief grâce à un stylo ou à un poinçon (utilisés par la majorité des enfants aveugles : six âgés de 6-9 ans et six de 10-13 ans).

Procédure

L'expérience s'est déroulée au sein de l'établissement ou de l'institution d'accueil de l'enfant. La procédure est identique à celle décrite précédemment avec les enfants voyants de la condition différée (cf. p. 52), à l'exception des consignes dans lesquelles aucune démonstration de procédures exploratoires n'était réalisée au préalable, mais seulement au cours de la phase d'entraînement si les enfants n'utilisaient pas le suivi de contour et l'enveloppement. La consigne pour les enfants malvoyants était la suivante : « On va faire des dessins de formes. Tu vas dessiner une forme que tu n'auras pas vue mais que tu auras seulement touchée. Tu devras la dessiner exactement comme tu penses qu'elle est » et pour les enfants aveugles : « On va faire des dessins de formes que je vais te donner à toucher. Tu devras les dessiner exactement comme tu penses qu'elles sont ».

Codage des données

Comme pour l'Expérience 1 réalisée chez les enfants voyants, nous avons codé des **variables attestant de la réussite à la tâche** telles que la présence de formes reconnaissables, de parties saillantes, de reproductions fermées et la conformité de la taille du dessin avec celle de la forme. Des **variables attestant de l'échec à la tâche** ont également été codées, comme la production de dessins constructionnels, la présence d'assimilation à une forme connue et l'oubli des formes explorées au moment du dessin (pour plus de détails, voir p. 108 à 111). Dans cette expérience, nous avons également codé la présence d'un positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace (1 = présence ; 0 = absence). Cela implique que les tracés sont séparés les uns des autres, comme nous pouvons le voir dans la Figure 52 présentant le dessin de la forme 4 (= pont, voir p. 51). C'est le seul critère nouveau qu'il a fallu introduire pour qualifier le dessin des enfants aveugles par rapport à ceux des enfants malvoyants.



Figure 52 : Dessin de la forme 4 (pont) dont les tracés sont positionnés par juxtaposition dans l'espace.

RESULTATS

Tout d'abord, nous analyserons les productions graphiques des enfants malvoyants et aveugles, puis le lien entre les explorations haptiques et les productions graphiques.

1. Analyses des productions graphiques

Une ANOVA avec l'Age des sujets (2 : 6-9 ans et 10-13 ans), et le Statut visuel des enfants (2 : Aveugle vs Malvoyant) comme facteurs inter-sujets a été réalisée avec la production de la taille comme variable dépendante. Les autres variables ont été analysées au moyen de t de Student. Tout d'abord, nous présenterons les résultats concernant les variables attestant de la réussite à la tâche, puis ceux concernant les variables attestant de l'échec à la tâche.

1.1. Variables attestant de la réussite à la tâche

▪ Présence de dessins reconnaissables

La Figure 53 présente l'évolution avec l'âge de la production de formes reconnaissables chez des enfants aveugles et malvoyants.

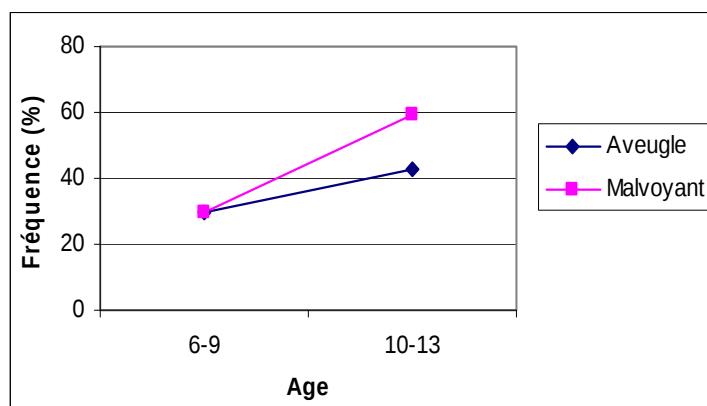


Figure 53 : Evolution avec l'âge de la production de formes reconnaissables chez des enfants aveugles et malvoyants

La production de formes reconnaissables est plus importante à 10-13 ans qu'à 6-9 ans chez les enfants malvoyants, $t(18) = -3.5$, $p < .01$, mais pas chez les enfants aveugles, $t(16) < 1$, $p > .40$. Aucune différence n'apparaît entre les enfants malvoyants et aveugles, $t(36) < 1$, $p > .30$, même à 10-13 ans, $t(17) = 1.1$, $p > .20$.

Ces résultats sont illustrés dans la Figure 54 qui présente les pourcentages de formes reconnaissables et les dessins de la forme 6 réalisés par des enfants aveugles (à gauche) et malvoyants (à droite), âgés

de 6-9 ans (en haut) et de 10-13ans (en bas). On observe une augmentation avec l'âge importante des dessins reconnaissables uniquement chez les malvoyants.

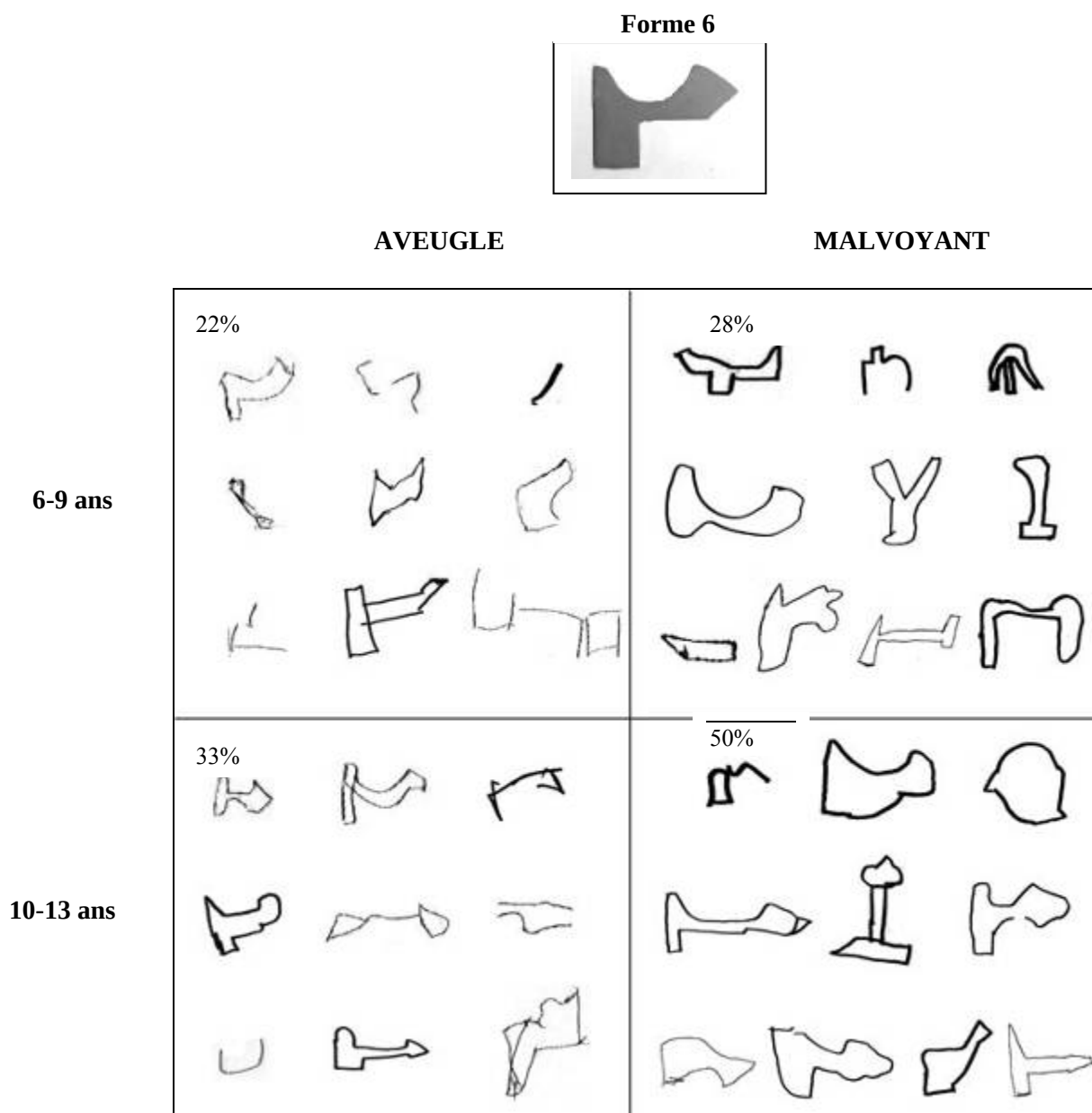


Figure 54 : Pourcentage de formes reconnaissables et dessins de la forme 6 réalisés par des enfants aveugles (à gauche) et malvoyants (à droite) âgés de 6-9 ans (en haut) et de 10-13ans (en bas).

▪ **Présence de parties saillantes**

L'évolution avec l'âge de la production de parties saillantes en fonction du statut visuel est présentée dans la Figure 55.

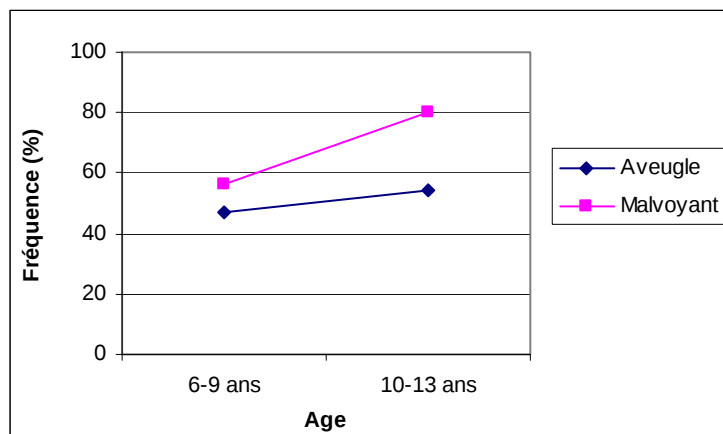


Figure 55 : Evolution avec l'âge de la production de parties saillantes chez les enfants aveugles et malvoyants.

La production de parties saillantes a tendance à être plus importante chez les enfants malvoyants (68%) que chez les enfants aveugles (50%), $t(36) = -1.9$, $p = .06$, surtout à 10-13 ans, $t(17) = -1.8$, $p = .08$. Les enfants malvoyants de 10-13 ans intègrent davantage de parties saillantes dans leurs dessins que ceux âgés de 6-9 ans, $t(18) = -2.8$, $p < .05$. En revanche, aucune différence significative entre les âges n'apparaît chez les enfants aveugles, $t(16) < 1$.

On notera que les performances globales pour la production de parties saillantes sont meilleures que celles pour la production de la forme globale (59% vs 40,5%).

Ces résultats sont illustrés dans la Figure 56 qui présente les scores de production de parties saillantes et les dessins de la forme 3 réalisés par des enfants aveugles (à gauche) et malvoyants (à droite), âgés de 6-9 ans (en haut) et de 10-13ans (en bas). Nous pouvons voir que les dessins de la forme 3 réalisés par les malvoyants contiennent plus de parties saillantes que ceux des aveugles, et ce à tous les âges. On observe également une augmentation importante de la production de parties saillantes dans les dessins des malvoyants entre 6-9 ans et 10-13 ans.

Forme 3

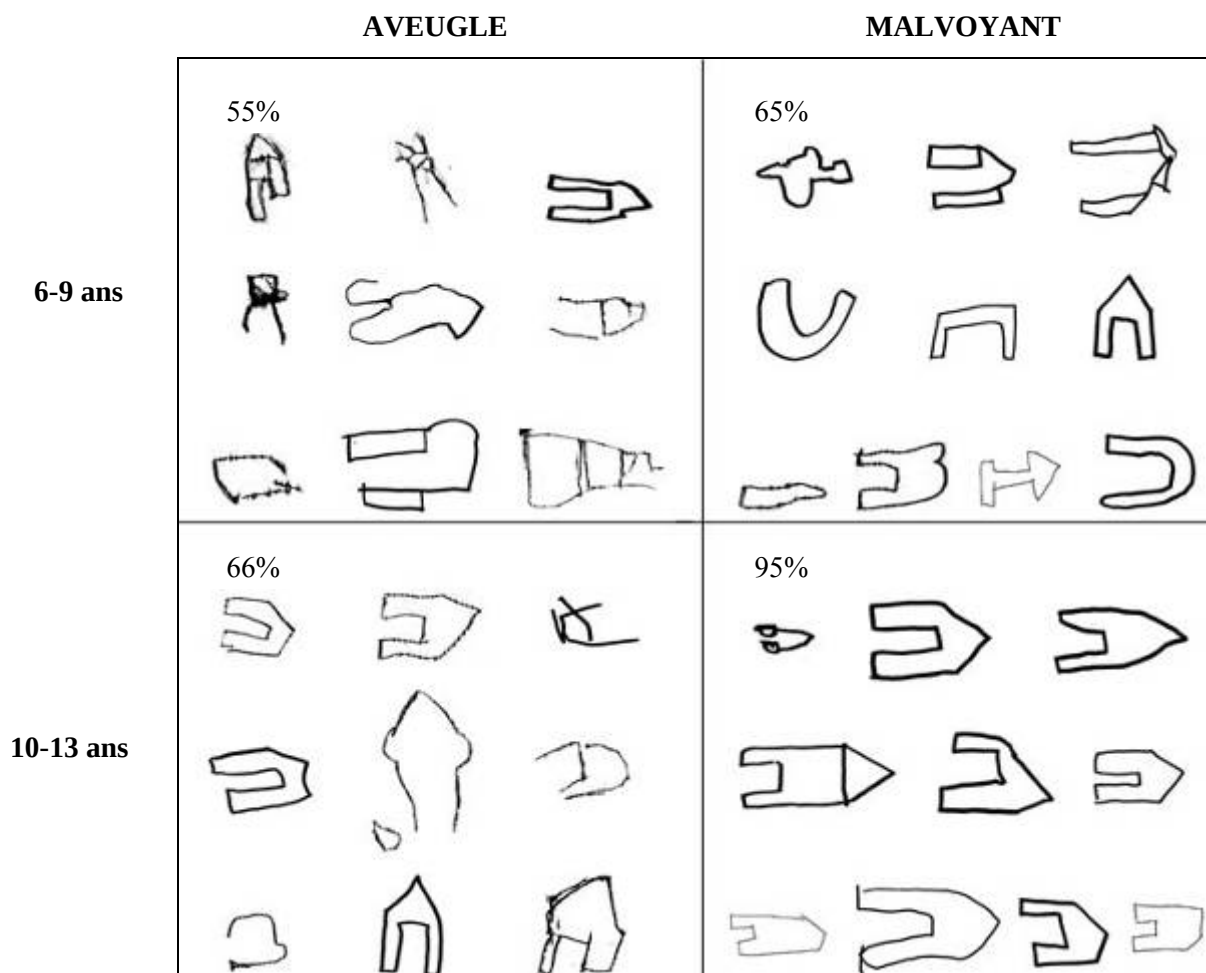


Figure 56 : Score de production de parties saillantes et dessins de la forme 3 réalisés par des enfants aveugles (à gauche) et malvoyants (à droite) âgés de 6-9 ans (en haut) et de 10-13ans (en bas).

■ Taille des dessins (score composite)

L'évolution avec l'âge de la taille du dessin par rapport à la forme réelle en fonction du statut visuel est présentée dans la Figure 57.

Aucun effet simple de l'âge ni du statut visuel n'apparaît, $F_s(1,34) < 1.26$, $p_s > .20$. De même, les analyses ne révèlent pas d'effet d'interaction entre l'âge et le statut visuel pour la production de la taille, $F(1,34) = 1.4$, $p > .20$. Les analyses séparées des groupes n'indiquent pas non plus d'effet significatif de l'âge chez les enfants aveugles et malvoyants, $F(1,16) < 1$ et $F(1,18) = 2.1$, $p > .10$. Un test de Student a été réalisé dans chaque groupe et à chaque âge afin de vérifier si la taille du dessin

varie significativement par rapport à celle de la taille de la forme, c'est-à-dire diffère significativement de 1 (se référer à la méthode p. 110). Les analyses montrent que la taille des dessins ne diffère pas significativement de celle de la forme chez les enfants malvoyants et voyants, quel que soit leur âge, $t_s(19) < 1.8$, $p_s > .10$ ($SD_s < 0.40$).

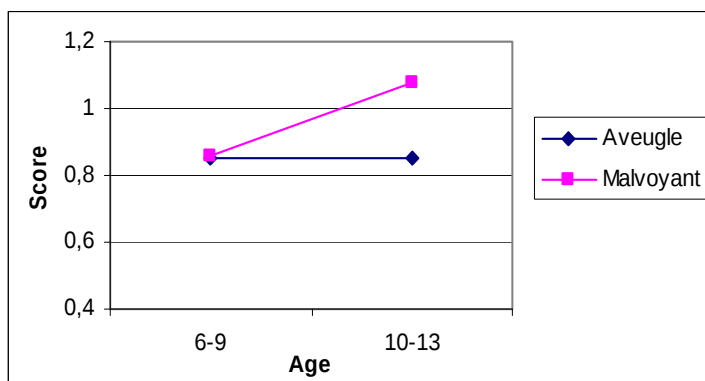


Figure 57 : Evolution avec l'âge de la taille du dessin par rapport à la forme réelle en fonction du statut visuel.

Comme nous allons le voir, les résultats concernant les scores de hauteur et de longueur font apparaître un développement globalement similaire à celui observé avec le score composite.

▪ Hauteur des dessins

La Figure 58 présente l'évolution avec l'âge de la hauteur du dessin par rapport à la forme réelle chez les enfants aveugles et malvoyants.

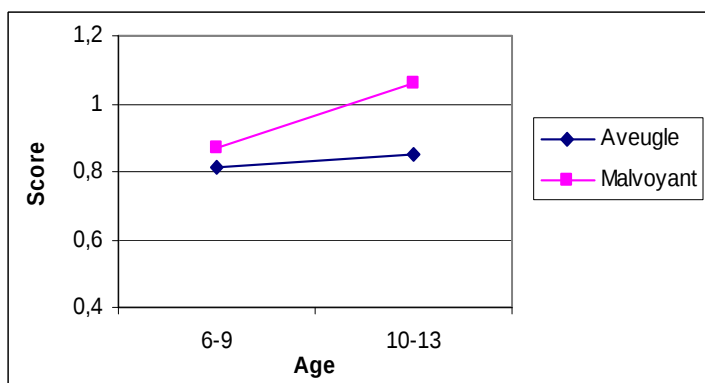


Figure 58 : Evolution avec l'âge de la hauteur du dessin par rapport à la forme réelle chez les enfants aveugles et malvoyants.

Les analyses ne montrent pas d'effet de l'âge, ni du statut visuel, $F_s(1,34) < 1.7$, $p_s < .01$. De même, aucun effet d'interaction entre l'âge et le statut visuel n'apparaît, $F(1,34) < 1$. Les analyses séparées des groupes n'indiquent pas non plus d'effet de l'âge chez les malvoyants et les aveugles, $F(1,16) < 1$ et $F(1,18) = 1.5$, $p > .20$. Un test de Student montre que, quel que soit l'âge, la hauteur des dessins ne varie

pas significativement de celle des formes chez les enfants malvoyants, $t_s(19) < 1$ ($SD_s < 0,39$). En revanche, les enfants aveugles sous-estiment la hauteur de la forme dans leurs dessins à 6-9 ans ($M = 0,81$; $SD = 0,25$), $t(9) = 2.2$, $p = .05$, mais pas à 10-13 ans ($M = 0,85$; $SD = 0,27$), $t(9) = 1.6$, $p > .10$.

▪ Longueur des dessins

L'évolution avec l'âge de la hauteur du dessin par rapport à la forme réelle chez les enfants aveugles et malvoyants est présentée dans la Figure 59.

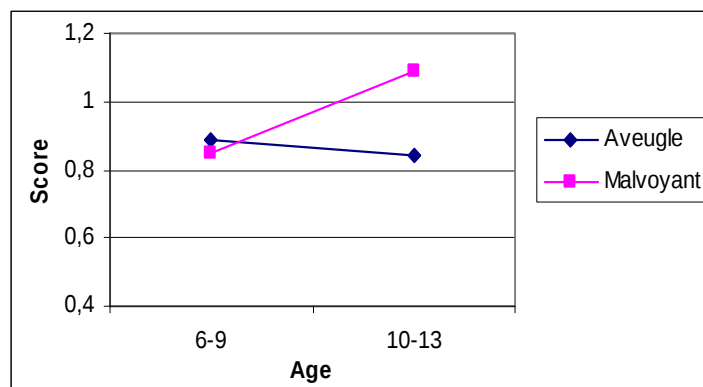


Figure 59 : Evolution avec l'âge de la longueur du dessin par rapport à la forme réelle chez les enfants aveugles et malvoyants.

Ici également aucun effet de l'âge et du statut visuel n'est mis en évidence, $F_s(1,34) < 1.2$, $p_s > .20$, ni d'interaction entre l'âge et le statut visuel, $F(1,34) = 1$, $p > .10$. Comme précédemment, les analyses séparées des groupes ne révèlent pas d'effet significatif de l'âge chez les enfants aveugles et malvoyants, respectivement $F(1,16) < 1$ et $F(1,18) = 2.8$, $p > .10$. Des tests de Student indiquent que la longueur des formes est sous-estimée dans les dessins des enfants aveugles à 10-13 ans ($M = 0,84$; $SD = 0,19$), $t(9) = 2.5$, $p < .05$, mais pas à 6-9 ans ($M = 0,89$; $SD = 0,23$), $t(9) = 1.3$, $p > .20$. A l'inverse, chez les enfants malvoyants, la longueur a tendance à être sous-estimée à 6-9 ans ($M = 0,85$; $SD = 0,23$), $t(9) = 2$, $p = .07$, mais pas à 10-13 ans ($M = 1,09$; $SD = 0,26$), $t(9) = 1.7$, $p > .10$.

▪ Présence de reproductions fermées

La présence de reproductions fermées en fonction de l'âge et du statut visuel est présentée dans la Figure 60.

La présence de reproductions fermées ne différencie pas les enfants malvoyants de 6-9 ans de ceux de 10-13 ans, $t(18) = -1.2$, $p > .20$, le même constat apparaissant chez les enfants aveugles, $t(16) < 1$, $p > .90$. En revanche, elle est plus importante chez les enfants malvoyants (94 %) que chez les enfants aveugles

(68 %), $t(36) = 3$, $p < .01$, ce qui est illustré dans les Figures 54 p. 137 (dessins de la forme 6) et 56 p. 139 (dessins de la forme 3).

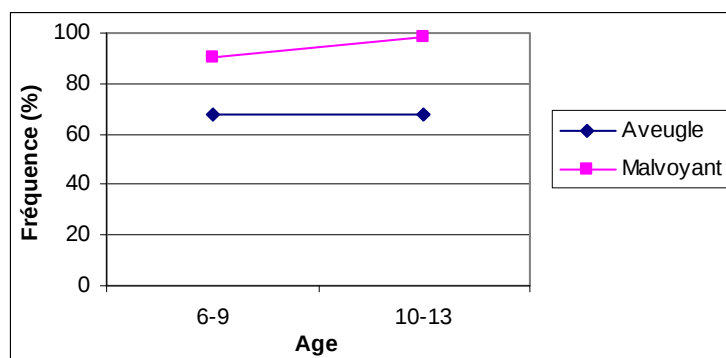


Figure 60 : Evolution avec l'âge de la présence de reproductions fermées chez les enfants aveugles et malvoyants.

1.2. Variables attestant de l'échec à la tâche

▪ Production de dessins constructionnels

L'évolution avec l'âge de la production de dessins constructionnels chez des enfants aveugles et malvoyants est présentée dans la Figure 61.

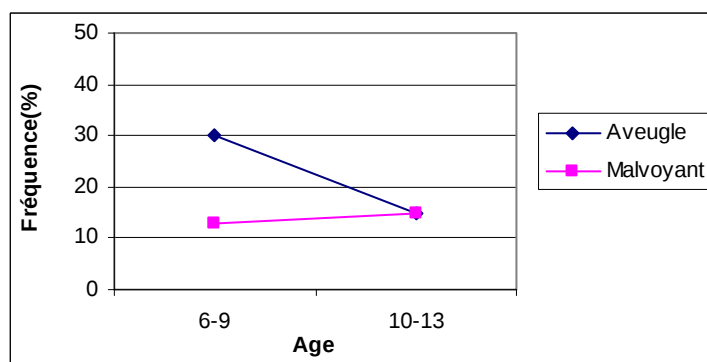


Figure 61 : Evolution avec l'âge de la production de dessins constructionnels chez des enfants aveugles et malvoyants.

Aucune différence significative entre 6-9 ans et 10-13 ans n'apparaît chez les enfants aveugles, $t(16) = 1.3$, $p > .20$, et malvoyants, $t(18) < 1$, $p > .80$. De même, la fréquence de production de dessins constructionnels ne varie entre les enfants aveugles et malvoyants, $t(36) < 1$, $p > .30$, même à 6-9 ans, $t(17) = 1.2$, $p > .20$. Comme le montre la Figure 56 p. 139 (dessins de la forme 3), les enfants aveugles et les enfants malvoyants produisent des dessins constructionnels aux deux âges, dans des proportions qui ne sont toutefois pas très importantes ($M = 18,5\%$).

▪ **Présence d'une assimilation à un objet connu**

La Figure 62 présente l'évolution avec l'âge de la présence d'assimilation chez des enfants aveugles et malvoyants.

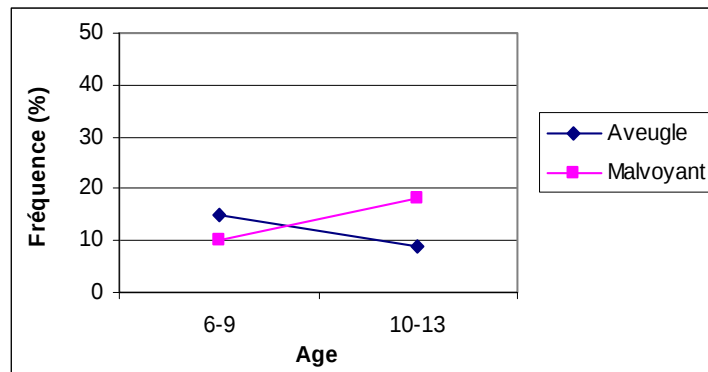


Figure 62 : Evolution avec l'âge de la présence d'assimilation chez des enfants aveugles et malvoyants.

La production d'assimilation ne différencie pas les 6-9 ans des 10-13 ans, que ce soit chez les enfants aveugles, $t(16) < 1$, $p > .40$, ou malvoyants, $t(18) < 1$, $p > .40$. Aucune différence n'est mise en évidence entre les enfants malvoyants et aveugles, $t(36) < 1$, $p > .70$. Les enfants aveugles et malvoyants de 6-9 ans et 10-13 ans produisent des assimilations à un objet connu, mais de manière peu fréquente ($M = 13\%$).

Signalons que c'est la forme 2 qui fait l'objet du plus grand nombre d'assimilations. Elle est assimilée à une fleur, à un arbre, à un bonhomme ou à un canard par les enfants aveugles et à un canard, un poisson, une fleur, un arbre ou un pion par les enfants malvoyants. Quelques uns de ces exemples d'assimilation sont illustrés dans la Figure 63 qui présente les dessins de la forme 2 (à gauche) réalisés par des enfants aveugles de 6-9 ans d'après une assimilation à un bonhomme (n° 1 et 2), par un enfant malvoyant de 6-9 ans d'après une assimilation à une fleur (n°3) et par un enfant malvoyant de 10-13 ans d'après une assimilation à un canard (n°4).

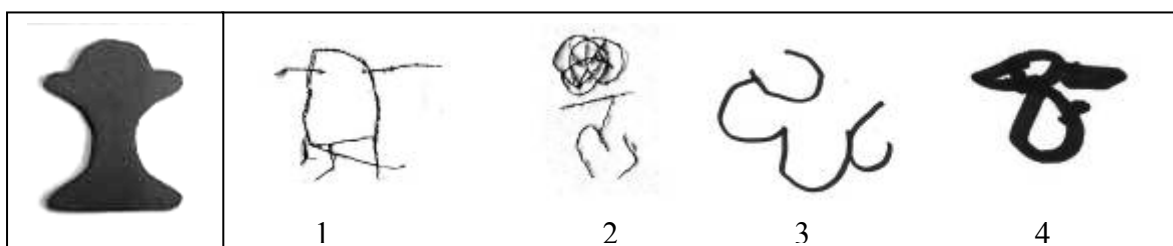


Figure 63 : Dessins de la forme 2 (à gauche) réalisés par des enfants aveugles de 6-9 ans d'après une assimilation à un bonhomme (n° 1 et 2), un enfant malvoyant de 6-9 ans d'après une assimilation à une fleur (n°3) et un enfant malvoyant de 10-13 ans d'après une assimilation à un canard (n°4).

▪ Positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace

La fréquence d'un positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace en fonction de l'âge et du statut visuel est présentée dans la Figure 64.

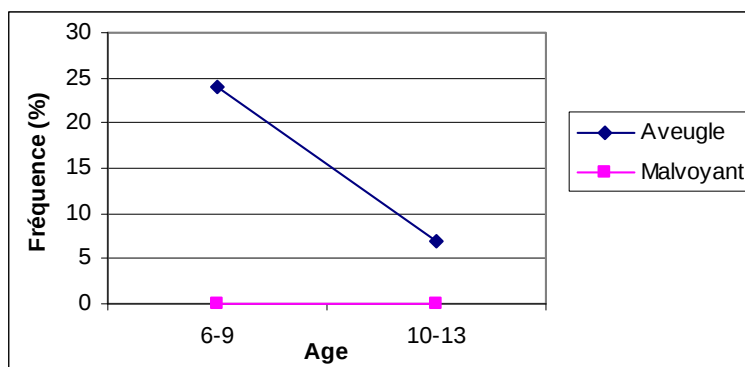


Figure 64 : Evolution avec l'âge d'un positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace en fonction du statut visuel.

Malgré la diminution des positionnements par juxtaposition entre 6-9 ans et 10-13 ans chez les enfants aveugles observée sur la Figure 64, aucune différence significative n'apparaît, $t(16) = 1.2$, $p > .20$. Les enfants aveugles sont les seuls à produire des tracés juxtapositionnés dans l'espace (16 %), $F(1,34) = 5.9$, $p < .05$, comme nous pouvons le voir sur la Figure 65 présentant les dessins de la forme 5 (voir p. 51) réalisés par les enfants de 6-9 ans aveugles et malvoyants. Nous pouvons noter que la présence de positionnements par juxtaposition est plus importante lorsque les enfants aveugles utilisent les planches Dycem (21 %) que le papier (5 %). Il est important de souligner que les enfants qui utilisent le papier appartiennent à la catégorie 4 de la classification de l'OMS et possèdent donc des restes visuels qui leur permettent d'utiliser un feed-back visuel lors du dessin sur le papier.

AVEUGLE

MALVOYANTS

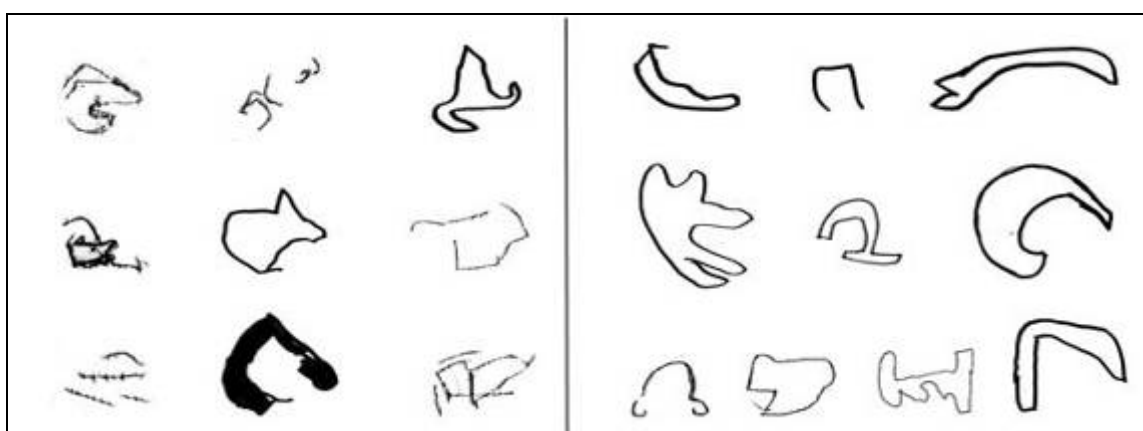


Figure 65 : Dessins de la forme 5 réalisés par des enfants aveugles et malvoyants de 6-9 ans.

▪ **Oubli au moment du dessin**

L'évolution avec l'âge de la présence d'oubli chez les enfants aveugles et malvoyants est présentée dans la Figure 66.

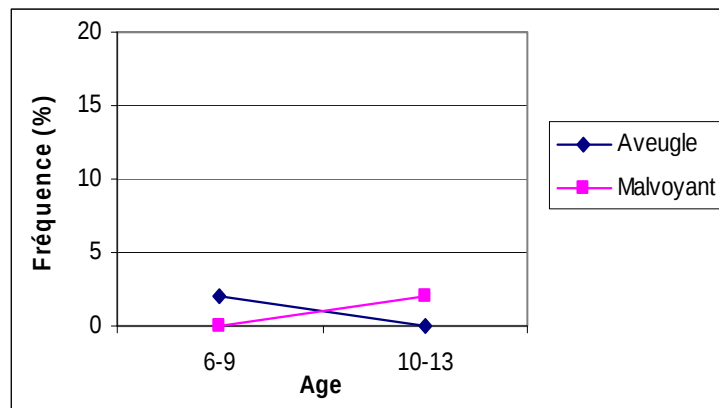


Figure 66 : Evolution avec l'âge de la présence d'oubli chez les enfants aveugles et malvoyants.

L'oubli des formes explorées est rare et sa fréquence ne sépare pas les enfants de 6-9 ans de ceux de 10-13 ans pour ce qui concerne les enfants aveugles, $t(16) = 1$, $p > .30$, ou malvoyants, $t(18) = -1$, $p > .30$. Aucune différence entre les enfants aveugles et malvoyants n'est révélée, $t(36) < 1$.

2. Mise en relation des performances de dessin avec l'exploration tactile.

Des corrélations de Pearson ont été calculées entre les variables codées pour l'exploration manuelle⁴ et celles utilisées pour évaluer les productions graphiques dans les deux groupes d'enfants (aveugles et malvoyants). Il est certain que le nombre réduit d'enfants par groupe ne nous met pas dans des conditions favorables à l'utilisation de ces analyses par corrélation. Nous pensons néanmoins intéressant de les présenter ici, étant donné la rareté des travaux et résultats de ce type dans la littérature. Afin de calculer ces corrélations avec la production de la taille, nous avons modifié les scores de production de la taille et calculé l'écart entre la taille du dessin et celle du modèle en valeur absolue. Nous nous intéresserons d'abord à l'influence de l'exploration manuelle sur les variables attestant de la réussite à la tâche puis sur celles attestant de l'échec à la tâche.

2.1. Influence de l'exploration manuelle sur les variables attestant de la réussite à la tâche

2.1.1. Chez les enfants aveugles

Les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration (nombre de stratégies différentes, temps d'exploration) et les variables attestant de la réussite à la tâche (production de formes reconnaissables, de parties saillantes, de formes fermées et d'une taille conforme) sont présentées dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variable	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Nombre de stratégies différentes	r = 0.59 p = 0.010 *	r = 0.53 p = 0.024 *	r = 0.52 p = 0.026 *	r = - 0.39 p = 0.104
Temps d'exploration	r = 0.25 p = 0.308	r = 0.42 p = 0.082 ^{t*}	r = 0.41 p = 0.084 ^{t*}	r = - 0.45 p = 0.059 ^{t*}

Les analyses indiquent que les dessins sont plus souvent reconnaissables et contiennent davantage de parties saillantes lorsque les formes sont explorées avec un nombre de stratégies exploratoires élevé,

⁴ Les corrélations entre la présence d'une exploration dynamique et les variables concernant le dessin n'ont pas pu être calculées car la plupart des enfants aveugles et malvoyants ont exploré de manière dynamique les formes. Chez les aveugles uniquement, la présence d'une exploration complète de la forme et d'une exploration bimanuelle n'ont pas été prises en compte dans le calcul des corrélations car leur fréquence varie très peu, les enfants mettant en œuvre ces types d'exploration dans plus de 90% des cas. De même, la stratégie de contact statique n'a pas été considérée, employée dans moins de 5% des cas.

respectivement $r = 0.59$, $p < .05$ et $r = 0.53$, $p < .05$. Les reproductions fermées sont également plus fréquentes quand les enfants emploient plusieurs stratégies différentes, $r = 0.52$, $p < .05$. Par ailleurs, plus le temps d'exploration est important, plus les performances de production de parties saillantes et de formes fermées ont tendance à être bonnes, respectivement, $r = 0.42$, $p = .08$ et $r = 0.41$, $p = .08$. De même, la taille des dessins est davantage conforme à celle des formes lorsque le temps d'exploration est long, $r = -0.45$, $p = .06$.

Le Tableau 18 présente les corrélations entre les différentes stratégies exploratoires codées (suivi de contour, enveloppement de la forme globale, enveloppement de formes locales, pince, balayage de la surface et mouvements symétriques) et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Tableau 18 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variables	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Suivi de contour	$r = 0.45$ $p = 0.061$ ^{t*}	$r = 0.38$ $p = 0.116$	$r = 0.17$ $p = 0.50$	$r = -0.37$ $p = 0.124$
Enveloppement forme globale	$r = 0.20$ $p = 0.406$	$r = 0.23$ $p = 0.367$	$r = 0.22$ $p = 0.382$	$r = -0.03$ $p = 0.888$
Enveloppement formes locales	$r = 0.27$ $p = 0.279$	$r = 0.35$ $p = 0.151$	$r = 0.44$ $p = 0.068$ ^{t*}	$r = -0.18$ $p = 0.471$
Pince	$r = 0.60$ $p = 0.008$ *	$r = 0.58$ $p = 0.012$ *	$r = 0.51$ $p = 0.029$ *	$r = 0.39$ $p = 0.107$
Balayage de la surface	$r = -0.46$ $p = 0.057$ *	$r = -0.47$ $p = 0.050$ *	$r = -0.31$ $p = 0.206$	$r = 0.33$ $p = 0.182$
Mouvements symétriques	$r = 0.48$ $p = 0.045$ *	$r = 0.35$ $p = 0.152$	$r = 0.25$ $p = 0.320$	$r = -0.38$ $p = 0.122$

Les dessins reconnaissables sont plus fréquents lorsque les stratégies de suivi de contour, de pince et de mouvements symétriques sont utilisées, respectivement $r = 0.45$, $p = .06$; $r = 0.6$, $p < .01$ et $r = 0.48$, $p < .05$. De même, les dessins sont plus souvent fermés et comportent davantage de parties saillantes lorsque les enfants emploient la stratégie de pince, respectivement $r = 0.58$, $p < .05$ et $r = 0.51$, $p < .05$. La présence de reproductions fermées a tendance à être plus importante lorsque l'enveloppement de formes locales est utilisé, $r = 0.44$, $p = .07$. En revanche, l'utilisation de stratégies explorant uniquement la surface des formes ne va pas de pair avec de bonnes performances de dessin. En effet, la production de formes reconnaissables et de parties saillantes est moins fréquente quand les enfants emploient le balayage de la surface, respectivement $r = -0.47$, $p = .05$ et $r = -0.46$, $p = .06$.

2.1.2. Chez les enfants malvoyants

Les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant à la réussite de la tâche sont présentées dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variable	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Exploration complète de la forme	$r = 0.57$ $p = 0.009 *$	$r = 0.52$ $p = 0.018 *$	$r = 0.03$ $p = 0.882$	$r = - 0.03$ $p = 0.896$
Nombre de stratégies différentes	$r = 0.58$ $p = 0.007 *$	$r = 0.39$ $p = 0.083$	$r = 0.32$ $p = 0.171$	$r = 0.17$ $p = 0.464$
Temps d'exploration	$r = 0.25$ $p = 0.283$	$r = 0.22$ $p = 0.360$	$r = 0.04$ $p = 0.862$	$r = 0.73$ $p = 0.0001 *$
Exploration bimanuelle	$r = 0.64$ $p = 0.002 *$	$r = 0.44$ $p = 0.053 *$	$r = 0.24$ $p = 0.306$	$r = 0.05$ $p = 0.822$

Les enfants malvoyants dessinent plus souvent des formes reconnaissables lorsqu'ils ont exploré les formes entièrement, bimanuellement et avec un nombre élevé de stratégies, respectivement $r = 0.57$, $p < .01$; $r = 0.64$, $p < .01$ et $r = 0.58$, $p < .01$. De même, la représentation des parties saillantes de la forme dans les dessins est plus fréquente lorsque l'exploration des formes est complète et bimanuelle (respectivement $r = 0.52$, $p < .01$ et $r = 0.44$, $p = .05$), et elle a tendance à l'être également lorsque beaucoup de stratégies exploratoires différentes sont mises en œuvre, $r = 0.39$, $p = .08$. Enfin, plus le temps d'exploration est long et plus l'écart entre la taille des dessins et celle des formes est important, $r = 0.73$, $p < .01$.

Les corrélations entre les différentes stratégies exploratoires codées et les variables attestant de la réussite à la tâche sont présentées dans le Tableau 20.

Les enfants réalisent plus souvent des dessins reconnaissables après avoir employé la pince et les mouvements symétriques, respectivement, $r = 0.47$, $p < .05$ et $r = 0.74$, $p < .01$. Ils intègrent davantage de parties saillantes lorsqu'ils ont utilisé les mouvements symétriques et le suivi de contour, respectivement, $r = 0.67$, $p < .01$ et $r = 0.39$, $p = .08$. La mise en œuvre des stratégies de suivi de contour et de pince a tendance à s'accompagner de la production de parties saillantes, respectivement $r = 0.39$, $p = .08$ et $r = 0.40$, $p = .07$. Enfin, la taille des dessins diffère davantage de celle des formes lorsqu'elles ont été explorées avec le balayage de la surface, $r = 0.64$, $p < .01$.

Tableau 20 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de la réussite à la tâche.

Variables	Formes reconnaissables	Parties saillantes	Reproductions fermées	Taille
Suivi de contour	r = 0.22 p = 0.343	r = 0.39 p = 0.085 ^{t*}	r = - 0.17 p = 0.456	r = - 0.14 p = 0.566
Enveloppement forme globale	r = 0.05 p = 0.832	r = -0.06 p = 0.815	r = 0.26 p = 0.271	r = -0.03 p = 0.896
Enveloppement formes locales	r = 0.16 p = 0.489	r = 0.11 p = 0.638	r = 0.24 p = 0.311	r = - 0.09 p = 0.702
Pince	r = 0.47 p = 0.035 *	r = 0.41 p = 0.074 *	r = 0.17 p = 0.481	r = - 0.20 p = 0.402
Contact statique	r = 0.23 p = 0.330	r = 0.14 p = 0.550	r = 0.13 p = 0.571	r = - 02 p = 0.934
Balayage de la surface	r = - 0.17 p = 0.171	r = -0.37 p = 0.104	r = - 0.06 p = 0.791	r = 0.64 p = 0.002 *
Mouvements symétriques	r = 0.74 p = 0.0001 *	r = 0.67 p = 0.001 *	r = 0.37 p = 0.109	r = 0.06 p = 0.798

2.2. Influence de l'exploration manuelle sur les variables attestant de l'échec à la tâche

2.2.1. Chez les enfants aveugles

Le Tableau 21 présente les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant à l'échec à la tâche (oubli, présence d'une assimilation à une forme connue, de dessins constructionnels et de positionnement par juxtaposition).

Tableau 21 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant à l'échec à la tâche.

Variable	Oubli	Assimilation	Dessins constructionnels	Positionnement par juxtaposition
Nombre de stratégies différentes	r = 0.01 p = 0.955	r = - 0.31 p = 0.204	r = - 0.29 p = 0.238	r = - 0.31 p = 0.206
Temps d'exploration	r = - 0.12 p = 0.623	r = - 0.09 p = 0.714	r = - 0.12 p = 0.626	r = - 0.12 p = 0.624

Aucune corrélation significative n'est mise en évidence, $r_s < 0.31$, $p_s > .20$.

Les corrélations entre les différentes stratégies d'exploration codées et les variables attestant de l'échec à la tâche sont présentées dans le Tableau 22.

Tableau 22 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variables	Oubli	Assimilation	Dessins constructionnels	Positionnement par juxtaposition
Suivi de contour	r = 0.17 p = 0.492	r = - 0.23 p = 0.362	r = - 0.50 p = 0.033 *	r = - 0.41 p = 0.085 ^{t*}
Enveloppement forme globale	r = 0.20 p = 0.413	r = - 0.45 p = 0.059	r = - 0.25 p = 0.317	r = - 0.30 p = 0.217
Enveloppement formes locales	r = - 0.22 p = 0.380	r = - 0.13 p = 0.596	r = 0.45 p = 0.062 ^{t*}	r = - 0.35 p = 0.153
Pince	r = 0.36 p = 0.138	r = - 0.27 p = 0.281	r = - 0.32 p = 0.197	r = - 0.32 p = 0.187
Balayage de la surface	r = - 0.32 p = 0.199	r = 0.19 p = 0.448	r = 0.02 p = 0.927	r = 0.48 p = 0.039 *
Mouvements symétriques	r = 0.20 p = 0.434	r = 0.11 p = 0.652	r = - 0.21 p = 0.402	r = - 0.21 p = 0.391

Les analyses indiquent que l'utilisation du suivi de contour favorise la production de dessins en lignes de contour, $r = -0.50$, $p < .05$, alors que l'emploi de l'enveloppement de formes locales est associé à la production de dessins constructionnels, $r = 0.45$, $p = .06$. Par ailleurs, les assimilations ont tendance à être moins fréquentes lorsque l'enveloppement de la forme globale est utilisé, $r = -0.45$, $p = .06$. Enfin, les enfants réalisent plus souvent des positionnements par juxtaposition lorsqu'ils emploient la stratégie de balayage de la surface, respectivement, $r = 0.49$, $p < .05$. En revanche, les positionnements par juxtaposition ont tendance à être moins souvent produits après l'utilisation d'un suivi de contour, $r = -0.41$, $p = .08$.

2.2.2. Chez les enfants malvoyants

Les positionnements par juxtaposition n'étant jamais produits par les enfants malvoyants, cette variable n'a pas été prise en compte dans le calcul des corrélations. Le Tableau 23 présente les corrélations entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Une exploration incomplète de la forme s'accompagne plus souvent d'un oubli de la forme explorée, comme l'indique la corrélation significative négative entre la présence d'une exploration complète et d'oubli, $r = -0.44$, $p = .05$.

Tableau 23 : Corrélations de Pearson entre les variables concernant la qualité de l'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variable	Oubli	Assimilation	Dessins constructionnels
Exploration complète de la forme	$r = -0.44$ $p = 0.050$ *	$r = -0.16$ $p = 0.503$	$r = -0.15$ $p = 0.530$
Nombre de stratégies différentes	$r = 0.04$ $p = 0.872$	$r = 0.15$ $p = 0.535$	$r = -0.19$ $p = 0.432$
Temps d'exploration	$r = 0.03$ $p = 0.891$	$r = -0.04$ $p = 0.855$	$r = -0.07$ $p = 0.762$
Exploration bimanuelle	$r = 0.13$ $p = 0.576$	$r = 0.21$ $p = 0.382$	$r = -0.24$ $p = 0.314$

Les corrélations entre les différentes stratégies d'exploration codées et les variables attestant de l'échec sont présentées dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Corrélations de Pearson entre les différentes stratégies d'exploration et les variables attestant de l'échec à la tâche.

Variables	Oubli	Assimilation	Dessins constructionnels
Suivi de contour	$r = -0.53$ $p = 0.016$ *	$r = -0.12$ $p = 0.621$	$r = -0.53$ $p = 0.015$ *
Enveloppement forme globale	$r = 0.53$ $p = 0.016$ *	$r = 0.17$ $p = 0.480$	$r = 0.16$ $p = 0.507$
Enveloppement formes locales	$r = -0.10$ $p = 0.696$	$r = -0.26$ $p = 0.263$	$r = -0.20$ $p = 0.392$
Pince	$r = -0.05$ $p = 0.840$	$r = 0.23$ $p = 0.325$	$r = -0.13$ $p = 0.589$
Contact statique	$r = 0.19$ $p = 0.429$	$r = 0.24$ $p = 0.314$	$r = 0.22$ $p = 0.346$
Balayage de la surface	$r = 0.19$ $p = 0.416$	$r = 0.02$ $p = 0.930$	$r = 0.30$ $p = 0.199$
Mouvements symétriques	$r = -0.10$ $p = 0.718$	$r = 0.17$ $p = 0.461$	$r = -0.46$ $p = 0.042$ *

Les analyses indiquent que les enfants oublient moins souvent la forme explorée lorsqu'ils mettent en œuvre la stratégie de suivi de contour $r = -0.53$, $p < .05$. A l'inverse, l'utilisation de l'enveloppement de la forme globale s'accompagne plus souvent de l'oubli de la forme explorée, $r = -0.53$, $p < .05$. Enfin, la production de dessins constructionnels est moins fréquente lorsque le suivi de contour et les mouvements symétriques sont utilisés, respectivement $r = -0.53$, $p < .05$ et $r = -0.46$, $p < .05$.

III. Comparaison des représentations graphiques réalisées dans une condition de dessin différé par des enfants aveugles, malvoyants et voyants travaillant avec ou sans vision.

Nous nous intéresserons ici à l'effet du statut visuel (aveugle, malvoyant, voyant et voyant travaillant sans voir) sur les représentations graphiques.

Description des sujets

Tableau 25 : Caractéristiques des sujets pris en compte dans la comparaison.

ENFANTS AVEUGLES

Sujet	1	2	3	4	5	6
Age réel (en année et mois)	6,3	7	8,5	8,5	9,8	10,2
Sexe	F	F	M	F	F	M
Latéralité	D	D	D	D	D	D

ENFANTS MALVOYANTS

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	7,1	7,4	7,4	7,4	8,4	8,5	9	9,9	10,3
Sexe	M	M	F	M	M	M	F	F	M
Latéralité	D	D	D	D	D	G	D	D	D

ENFANTS VOYANTS - MODALITE TACTILE

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en année et mois)	6,2	6,8	6,11	8,1	8,4	8,4	8,11	9,10	10,3
Sexe	M	F	F	M	F	F	F	M	M
Latéralité	D	D	D	D	D	D	D	D	D

ENFANTS VOYANTS - MODALITE VISUELLE

Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age réel (en mois et année)	6	6,8	7,2	8	8,5	8,6	8,10	9,9	10,2
Sexe	F	M	M	F	M	F	F	M	F
Latéralité	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Cette comparaison est réalisée à partir des expériences précédentes où le dessin est réalisé en différé par rapport à l'exploration (Expériences 1 et 3). Dans l'Expérience 1, l'âge des enfants voyants de la modalité tactile et visuelle est compris entre 4 et 10 ans. Dans l'Expérience 3, l'échantillon des enfants aveugles s'étend de 6 à 13 ans et celui des enfants malvoyants de 7 à 13 ans. De ce fait, l'échantillon d'enfants voyants ou non considéré pour la comparaison comprend des enfants âgés de 6 à 10 ans. La sélection des enfants s'est faite sur la base d'un appariement avec l'âge, puis avec le sexe. Chez les enfants aveugles, nous avons gardé uniquement les enfants utilisant les planches Dycem. Ainsi, 33 sujets dont six enfants aveugles et neuf enfants dans les autres groupes (malvoyant, voyant travaillant sans vision et voyant travaillant avec vision) ont été sélectionnés. Les moyennes d'âge des groupes varient entre 8,1 ans et 8,3 ans et les écarts-type des âges entre 14 mois et 16 mois (groupe des enfants aveugles : $M = 8,3$ ans ; $SD = 18$ mois ; groupe des enfants malvoyants : $M = 8,3$ ans ; $SD = 14$ mois ; groupe des enfants voyants travaillant sans voir : $M = 8,1$ ans ; $SD = 16$ mois ; groupe des enfants voyants de la condition visuelle : $M = 8,2$ ans ; $SD = 16$ mois). Ces groupes ne diffèrent pas significativement par rapport à l'âge ($p_s > .50$). Tous les enfants aveugles pratiquaient la lecture bimanuelle du braille. Les caractéristiques de chaque enfant pris en compte dans la comparaison se trouvent dans le Tableau 25.

RESULATS

Afin de comparer les différents statuts visuels des enfants (aveugle, malvoyant, voyant travaillant sans voir, voyant), nous avons réalisé des tests de Student sur les différentes variables. Nous ne relaterons ici que les différences entre voyants et aveugles/malvoyants, les différences entre les aveugles et les malvoyants ayant déjà été analysées.

1. Variables attestant de la réussite à la tâche

- **Présence de formes reconnaissables, de parties saillantes et de formes fermées**

La production de formes reconnaissables (Forme Reco.), de parties saillantes (Part. Saill.) et de reproductions fermées (Repro. Fermées) chez les enfants aveugles, malvoyants, voyants travaillant sans voir (Voyant Tactile) et voyants de la modalité visuelle (Voyant Visuelle) est présentée dans la Figure 66.

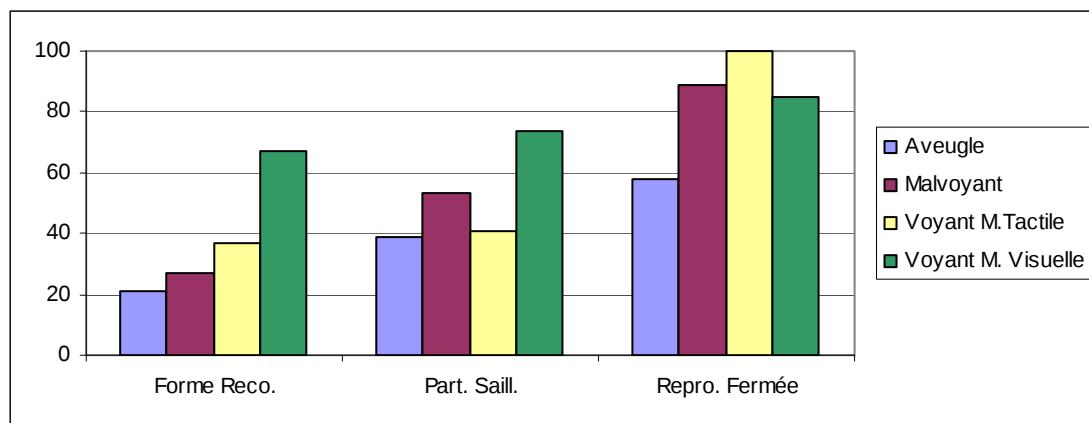


Figure 66 : Production de formes reconnaissables, de parties saillantes et de reproductions fermées chez les enfants aveugles, malvoyants, voyants travaillant sans voir et voyants en modalité visuelle (M = modalité).

Les dessins des enfants voyants, après une exploration visuelle, sont plus souvent reconnaissables (67%) que celles des autres enfants, $t_s(16) > 2.8$, $p_s < .05$. De même, les enfants voyants (74%) intègrent plus souvent des parties saillantes de l'objet dans leurs dessins que ne le font les autres enfants, $t_s(16) > 2$, $p_s < .06$. Les autres groupes (aveugles, malvoyants et voyants travaillant sans voir) ne diffèrent pas entre eux. Ces résultats sont illustrés dans la Figure 67 qui présente les dessins de la forme 5 réalisés par des enfants aveugles, malvoyants, voyants travaillant sans voir et voyants après une exploration visuelle (de gauche à droite). En ce qui concerne la production de dessins fermés, elle est significativement moins fréquente chez les enfants aveugles (58%) que chez les enfants voyants travaillant avec ou sans vision (>80%), $t_s(13) > -2$, $p_s < .05$.



← Forme 5

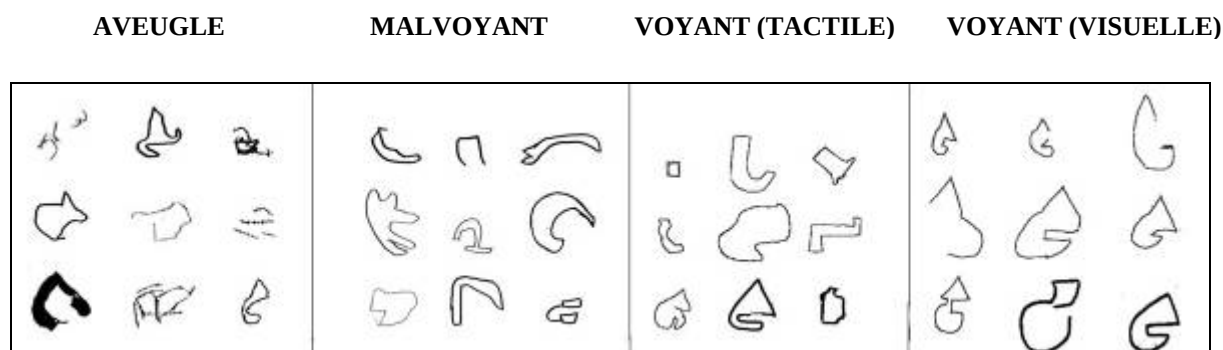


Figure 67 : Dessins de la forme 5 réalisés par des enfants aveugles, malvoyants, voyants à partir d'une exploration tactile et voyants à partir d'une exploration visuelle (de gauche à droite).

- **Conformité de la taille (score composite), de la hauteur et de la longueur des dessins par rapport aux formes**

Le score de conformité de la taille, de la hauteur et de la longueur des dessins par rapport aux formes en fonction du statut visuel est présenté dans la Figure 68.

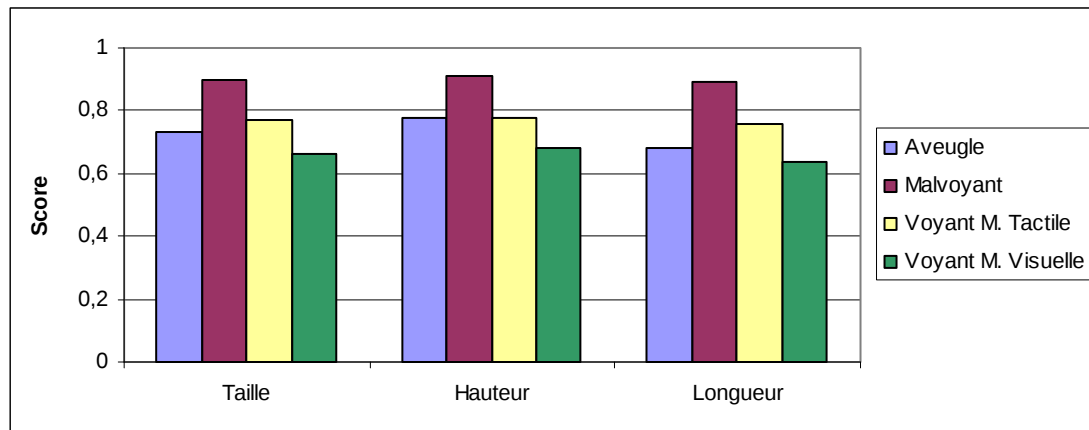


Figure 68 : Score de conformité de la taille, de la hauteur et de la longueur des dessins par rapport aux formes en fonction du statut visuel.

Comme le montre la Figure 68, les scores de hauteur et de longueur présentent le même profil que le score de taille. Une différence entre les enfants malvoyants et les enfants voyants de la modalité visuelle est mise en évidence pour le score de taille, $t(18) = 2.1$, $p < .05$, de hauteur, $t(18) = 2$, $p = .07$, et de longueur, $t(18) = 2.1$, $p < .05$. En revanche, aucune différence entre les enfants malvoyants et les enfants voyants de la modalité tactile n'apparaît pour les trois scores, $t_s(18) < 1$. Les différences entre les enfants aveugles et les enfants voyants travaillant avec ou sans vision ne sont pas non plus significatives pour les trois scores, $t_s(13) < 1$. Des tests de Student indiquent que la taille des formes est sous-estimée dans les dessins des enfants voyants en modalité visuelle ($M = 0,66$; $SD = 0,25$), $t(8) = 4,1$, $p < .01$, et qu'elle a tendance à l'être dans ceux des enfants aveugles ($M = 0,83$; $SD = 0,24$), $t(8) = 2$, $p = .07$, et des enfants voyants travaillant sans voir ($M = 0,77$; $SD = 0,35$), $t(8) = 1.9$, $p = .09$. Seuls les enfants malvoyants respectent la taille des formes dans leurs dessins ($M = 0,90$; $SD = 0,23$), $t(8) = 1.3$, $p > .20$.

2. Variables attestant de l'échec à la tâche

La Figure 69 présente la fréquence de dessins constructionnels (Dess. Construc.), d'assimilations à une forme connue (Assimil.), de positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace (Juxtapo.) et d'oubli en fonction du statut visuel.

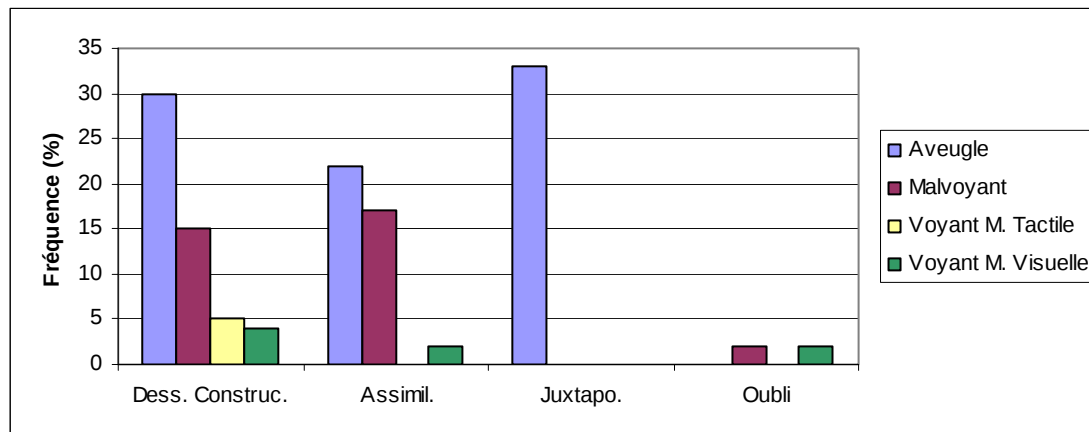


Figure 69 : Fréquence de dessins constructionnels, d'assimilations à une forme connue, de positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace et d'oubli en fonction du statut visuel.

La production de dessins constructionnels est plus fréquente chez les enfants aveugles que chez les enfants voyants ayant exploré visuellement ou tactilement les formes, respectivement $t(13) = 1.9$, $p = .07$ et $t(13) = 2$, $p < .05$. Aucune différence significative n'apparaît entre les enfants malvoyants et les enfants voyants travaillant avec ou sans vision, $t_s(16) > 1$, $p_s > .30$. Par ailleurs, les assimilations à des formes connues sont plus fréquentes chez les enfants déficients visuels (22% chez les enfants aveugles et 17 % chez les enfants malvoyants) que chez les enfants voyants (< 2 %), respectivement $t_s(13) < 3.9$, $p_s < .01$ et $t_s(16) < 2.4$, $p_s < .05$. Enfin, le positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace est présent uniquement dans les productions des enfants aveugles (33 %) et l'oubli des formes explorées est assez rare quel que soit le statut visuel de l'enfant.

DISCUSSION

Ce chapitre a présenté plusieurs expériences ayant pour objectif d'étudier les images mentales d'enfants voyants, malvoyants et aveugles à travers une tâche de dessin. La discussion se compose de trois parties. La première concerne l'évolution avec l'âge du dessin chez les enfants voyants, en fonction de la modalité d'exploration et de la condition de dessin. La seconde s'intéresse à l'évolution avec l'âge du dessin chez des enfants déficients visuels en fonction de la gravité de leur trouble visuel (cécité ou malvoyance). La troisième partie étudie l'effet du statut visuel (voyant, voyant travaillant sans voir, malvoyant, aveugle) sur les performances de dessin. Dans ces trois parties, nous examinerons également en quoi les procédures exploratoires peuvent en partie rendre compte des performances.

1. Evolution avec l'âge du dessin chez les enfants voyants en fonction de la modalité d'exploration et de la condition de dessin.

Dans les deux conditions de dessin (avec modèle disponible ou dessin différé), nous nous attendions à ce que les enfants parviennent à restituer la forme des objets dans leurs dessins quelle que soit la modalité d'exploration (Kennedy & D'Angiulli, 2001), mais avec des différences quantitatives entre les modalités (des performances globalement inférieures en tactile, surtout en rapport à un critère global de forme), ainsi qu'une différence d'ordre davantage qualitative (des assimilations à des formes connues plus liées à la modalité tactile que visuelle chez les jeunes enfants). Par ailleurs, nous supposons que la condition de dessin avec modèle entraînerait de meilleures performances que celle de dessin différé, notamment pour la reproduction de la forme et de ses parties saillantes. Tout d'abord, nous examinerons ce qui rend la modalité tactile et visuelle semblables, puis nous verrons où se situent les différences entre les deux modalités. Enfin, nous comparerons les performances issues d'une condition de dessin avec modèle disponible avec celles issues d'une condition de dessin réalisé après l'exploration.

1.1. Similitudes entre la modalité tactile et visuelle

Les résultats révèlent que les enfants de la modalité tactile sont capables de réussir la tâche demandée, même dans une condition de dessin différé. En effet, après 4 ans, l'oubli des formes explorées n'est pas plus important dans la modalité tactile que dans celle visuelle, notamment grâce à une amélioration de l'exploration haptique. Ainsi, les enfants sont capables de construire un modèle interne de la forme explorée tactilement comme ceux de la modalité visuelle. Que le dessin soit fait de mémoire ou en copie, on observe, avec l'âge, une augmentation importante de la conformité des

dessins avec les modèles après une exploration haptique. Ce résultat peut être mis en parallèle avec l'amélioration de l'exploration haptique elle-même. En effet, avec l'âge, les enfants vont de plus en plus fréquemment effectuer une exploration complète de la forme et de manière bimanuelle. Ballesteros et coll. (1997) et Wijntes et coll. (2008) avaient montré de meilleures performances avec une exploration bimanuelle qu'unimanuelle chez des adultes voyants travaillant sans voir. Les enfants, dans nos recherches, ont également augmenté, avec l'âge, le nombre de stratégies exploratoires différentes et utilisent de plus en plus souvent les stratégies efficaces pour le traitement de la forme telles que le suivi de contour, l'enveloppement (global et local) de la forme, la pince (Lederman & Klatzky, 1987, 1993, 1996), ainsi que les mouvements symétriques qui permettent une augmentation de la vitesse de traitement et par conséquent, une réduction de la surcharge mnésique liée au codage des informations (Craig, 1985). Le toucher est donc capable de renseigner suffisamment sur la forme d'un objet pour qu'une expression graphique soit possible. La capacité à interpréter les contours semble ainsi présente même quand il n'y a pas de signaux visuels, conformément à ce que suggère Kennedy (1997).

Comme nous l'avons anticipé, les performances en tactile sont supérieures lorsque l'on considère des critères locaux (fréquence des parties saillantes de l'objet dans les dessins : 31% à 4 ans ; production de figures fermées : 60% à 4 ans) plutôt qu'un critère global, tel que la reconnaissabilité de la forme (17% à 4 ans). Ainsi, c'est davantage la compréhension de l'orientation et de la disposition relative des parties saillantes de la forme qui pose un problème lors de l'exploration haptique, que le repérage de l'existence de ces parties saillantes (Klatzky & Lederman, 1997). Le taux élevé de production de figures fermées dès 4 ans peut également être mis en lien avec l'exploration haptique des enfants, ces derniers utilisant majoritairement le suivi de contour et ce dès 4 ans (> 85%). Cette stratégie favorise la production de figures fermées contrairement à des stratégies telles que le balayage ou le contact statique. La stratégie de suivi de contour permet l'exploration des bords de la forme par une continuité des déplacements du doigt, favorisant ainsi la production d'un tracé fermé pour délimiter la forme, à l'inverse des stratégies de balayage et de contact statique pour lesquelles l'exploration se porte sur la surface de la forme.

En ce qui concerne la production de la taille, une évolution avec l'âge semblable dans la modalité tactile et visuelle apparaît lorsque le dessin est réalisé avec le modèle disponible. En effet, on observe une diminution de la taille entre 4 et 6 ans, puis une amélioration de la taille des dessins par rapport au modèle jusqu'à 10 ans dans les deux modalités. La sous-estimation de la taille à 6 ans pourrait s'expliquer avec le passage à l'école élémentaire où l'enfant apprend l'écriture et doit maîtriser la taille de ses tracés en réduisant la taille des lettres pour correspondre aux normes. Le mode de traitement spécifique à la modalité tactile pourrait également contribuer à cette sous-estimation de la taille. Lorsque les jeunes enfants explorent tactilement un objet, les dimensions de ce dernier sont

perçues séparément et les enfants vont baser leurs réponses sur ce qu'ils ont perçu aux stades initiaux du processus perceptif (Berger & Hatwell, 1993, 1995, 1996). La sous-estimation de la taille pourrait donc être due à la difficulté de coordonner les traitements de la forme et de la taille. Ce n'est qu'après 8 ans que l'enfant est capable de traiter et d'intégrer plusieurs dimensions de l'objet telles que la forme et la taille dans une exploration haptique.

Les difficultés de la réalisation de la tâche en modalité tactile nous ont laissé supposer que les enfants, en particulier les plus jeunes, chercheraient à compenser la faiblesse d'encodage des informations ascendantes en essayant d'identifier la forme par l'intermédiaire de connaissances de haut niveau. Or ce n'est pas le cas, puisque les résultats ne montrent pas de différences entre les modalités tactile et visuelle pour ce qui concerne les assimilations, même chez les enfants les plus jeunes. Par contre, comme le décrivent Piaget et Inhelder (1947), les assimilations sont bien le propre des jeunes enfants. L'enfant dessine une « autre » forme à partir de son exploration, l'assimilation témoignant d'une difficulté à élaborer une représentation de la forme explorée. Dans la modalité tactile, cette difficulté peut en partie être expliquée par le type d'exploration. Dans la condition différée, les assimilations sont plus fréquentes lorsque les enfants n'explorent pas entièrement la forme et qu'ils privilégient une exploration statique (utilisation du contact statique) ou une exploration de la surface de la forme (utilisation du balayage) plutôt que le suivi de contour. Lederman & Klatzky (1987, 1990) avaient montré que le contact statique et le balayage n'étaient pas appropriés pour traiter efficacement la forme exacte, contrairement au suivi de contour. Cette efficacité du suivi de contour est également mise en évidence dans la condition avec modèle. Dans cette condition, on observe qu'un temps d'exploration important et un nombre élevé de retours sur la forme favorisent la construction d'une représentation de la forme explorée, comme l'indique une présence moins importante d'assimilations à une autre forme.

1.2. Différences entre la modalité tactile et la modalité visuelle

Des différences entre les modalités sont néanmoins évidemment apparues. Les dessins réalisés à partir d'une exploration visuelle sont plus fréquemment reconnaissables et contiennent davantage de parties saillantes que ceux issus d'une exploration haptique dans les deux conditions de dessin. Ce résultat attendu confirme les études montrant que le toucher est moins spécialisé dans le traitement de la dimension géométrique de l'objet que ne l'est la vision (Hatwell et al., 2000 ; Lederman & Klatzky, 1997). Il renforce également les résultats de la littérature révélant une difficulté de discrimination des images tactiles (Jones, 1981 ; Kennedy & Fox, 1977 ; Klatzky et al., 1991 ; Lederman et al., 1990). Ces différences sont dues à de multiples facteurs, tels que l'exiguïté du champ perceptif tactile (Hatwell et al., 2000 ; Loomis et al., 1991), mais aussi la charge cognitive inhérente au traitement des formes bidimensionnelles. Les capacités perceptives tactiles sont plus tributaires des capacités cognitives que ne l'est la vision, car le toucher suppose une exploration séquentielle qui implique de

maintenir en mémoire les informations apportées successivement par la main. L'enfant doit aussi faire un travail de synthèse pour aboutir à une représentation unifiée de l'objet (Hochberg, 1986 ; Revesz, 1950 ; Loomis et al., 1991). Cette complexité cognitive de la tâche haptique explique le décalage dans le développement que l'on peut observer entre les deux modalités d'exploration dans les deux conditions de dessin. Les performances des enfants de 10 ans en modalité tactile sont équivalentes à celles des enfants de 5-6 ans en modalité visuelle, lorsqu'elles sont mesurées au travers des critères de reconnaissabilité et de présence de parties saillantes.

Par ailleurs, la différence des processus impliqués dans les deux conditions (intermodaux ou intramodaux) peut également en partie rendre compte de la différence de performances observées. En effet, plusieurs études portant sur la reconnaissance d'objets ont montré que les performances étaient meilleures dans une condition intramodale qu'intermodale (Bushnell & Baxt, 1999 ; Connolly & Jones, 1970 ; Jones & Connolly, 1970 ; Milewski & Laccino, 1982 ; Newell, Shapiro, & Carlton, 1979). Ces résultats sont expliqués par l'existence d'un traitement spécifique de type « recodage » pour faire circuler les informations entre les modalités (Connolly & Jones, 1970 ; Hatwell, 1994), ce qui impliquerait un coût important. Il est très difficile de déterminer, dans nos résultats mettant en évidence un déficit de la modalité tactile par rapport à celle visuelle dans la production de dessins reconnaissables, ce qui peut être dû au coût du transfert et à la charge en mémoire supplémentaire impliquée par le traitement séquentiel de l'information en modalité tactile. Les deux facteurs participent certainement à la performance finale.

Les différences entre les modalités peuvent toutefois s'atténuer si l'exploration manuelle de la forme est complète et bimanuelle, comme l'attestent nos résultats. L'avantage d'une exploration bimanuelle a également été montré chez des adultes travaillant sans voir (Ballesteros et al., 1997 ; Wijntjes et al., 2008). Dans nos expériences, les dessins sont plus souvent reconnaissables et contiennent davantage de parties saillantes lorsqu'un nombre élevé de stratégies exploratoires différentes est également utilisé. Plus précisément, c'est l'emploi des stratégies d'enveloppement de formes locales, de pince et de mouvements symétriques qui est associé à de bonnes performances pour ces deux critères.

Contrairement au critère de reconnaissabilité et de présence de parties saillantes, les résultats révèlent peu de différences pour la production de la taille entre les modalités d'exploration. Une différence apparaît uniquement en condition de copie, dans laquelle la taille des modèles est plus souvent sous-estimée lorsque les formes sont explorées tactilement que visuellement. En condition de copie, les résultats indiquent que la taille du dessin diffère davantage de celle des formes lorsqu'elles ont été explorées avec l'enveloppement de formes locales. En revanche, c'est l'inverse dans la condition différée. Cette différence pourrait provenir de l'objectif de l'enfant lorsqu'il décide de mettre en œuvre cette stratégie. Dans la condition différée, l'enfant ne peut toucher la forme qu'une seule fois. De ce fait, il va utiliser l'enveloppement de formes locales dans le but de créer une représentation globale de

la forme, en synthétisant les différentes informations perçues. Dans la condition de copie, l'enfant peut revenir autant de fois sur la forme qu'il le veut. Ainsi l'emploi de l'enveloppement de formes locales pourrait avoir un tout autre objectif que dans la condition différée, et être utilisé uniquement afin d'obtenir des représentations locales spécifiques. Cette absence de synthèse d'informations provenant de différents enveloppements de formes locales ne permettrait pas à l'enfant d'appréhender la forme de manière globale et de traiter par la même occasion la taille de la forme.

Dans le développement du dessin symbolique, Freeman (1980) distingue un stade constructionnel, autour de 5-6 ans, au cours duquel l'enfant tend à produire des dessins par agencement de formes géométriques, du stade ultérieur qui voit l'utilisation de lignes de contour pour représenter les formes. Dans cette étude, nous avons observé des dessins constructionnels à 4-5 ans. Ce type de dessins est plus fréquent en modalité visuelle que tactile, en particulier à 4 ans. Etant donné les difficultés soulignées à de nombreuses reprises déjà à parvenir à une représentation unifiée globale de l'objet dans la modalité haptique, il apparaîtrait très discutable d'interpréter de cette façon l'usage des lignes de contour dans cette modalité. La faible production de dessins constructionnels en modalité tactile pourrait être une conséquence du fait que l'exploration haptique met en exergue la continuité des déplacements de la main et des doigts, que l'enfant traduirait par une continuité du tracé graphique. Le suivi de contour est en effet très utilisé chez les jeunes enfants (> 70%). Elle pourrait aussi provenir, au contraire de ce que nous avons anticipé, du fait que les processus top-down sont plus présents à 4 ans dans la modalité visuelle que tactile, l'enfant « inscrivant » dans son dessin sa connaissance des parties constitutives de l'objet, au travers de l'agencement des formes. Le fait que les assimilations soient aussi fréquentes en modalité visuelle (où l'incertitude sur la forme à dessiner est pourtant très réduite) que tactile démontre aussi l'importance des processus top-down chez les jeunes enfants dans cette modalité.

1.3. Comparaison des performances en fonction des conditions de dessin

Les résultats révèlent des différences entre les conditions de dessin, en faveur de celle avec le modèle disponible, quelle que soit la modalité d'exploration. Comme attendu et en accord avec les résultats de Rey (1956), Osterriech (1945) et Akshoomoff et Stiles (1995), notre étude montre que les dessins réalisés avec le modèle disponible sont plus souvent reconnaissables et contiennent plus de parties saillantes que ceux réalisés en différé où l'enfant doit appréhender l'ensemble du modèle avant de le reproduire et organiser son dessin à partir d'une image mémorisée.

Ce sont les enfants les plus jeunes (4-5 ans) qui bénéficient le moins du modèle disponible pour la production de formes reconnaissables. L'organisation de l'activité d'exploration chez ces enfants pourrait expliquer l'absence de progression avec le modèle disponible. Dans la modalité tactile, la

stratégie la plus majoritairement utilisée par les enfants de 4-5 ans consiste à réaliser ces deux activités l'une après l'autre, avec un nombre de retours sur la forme assez limité par rapport aux enfants plus âgés ($M < 1,9$ vs $M > 3$). Ainsi, les jeunes enfants se retrouvent dans une situation similaire à celle des enfants de la condition différée en se donnant moins souvent la possibilité d'alterner les phases de production et d'exploration et de contrôle, stratégie qui leur permettrait d'ajuster leur activité de dessin par une comparaison pas à pas avec le modèle. Les résultats montrent en effet qu'un nombre de retours élevé sur la forme est associé à la production de dessins reconnaissables. La même explication pourrait être évoquée pour les jeunes enfants de la modalité visuelle. Verba (1972) a en effet montré que ces derniers ne regardaient pas souvent le modèle. C'est probablement pour des raisons de faiblesse dans le contrôle exécutif que les jeunes enfants ne réalisent pas les activités d'exploration et de dessin simultanément mais se focalisent successivement sur l'une puis sur l'autre.

Par ailleurs, conformément à notre attente, on observe un avantage du dessin avec le modèle disponible en ce qui concerne la production de la taille ainsi que celle de formes reconnaissables et de formes fermées, avantage plus important en modalité visuelle que tactile. Cela pourrait être dû au coût du transfert intermodal dans la modalité tactile qui rajoute une complexité supplémentaire par rapport à la modalité visuelle. Le résultat concernant l'amélioration de la taille des dessins par rapport au modèle dans la modalité visuelle diffère de celui d'Akshoomoff et Stiles (1995), qui ne montraient pas de différence entre une condition de dessin de mémoire et en copie. La différence de méthode de cotation de la taille entre notre étude et celle d'Akshoomoff et Stiles (1995) pourrait être invoquée. Dans notre étude, nous avons codé la hauteur et la longueur en faisant le rapport entre celles du dessin et celles du modèle. Akshoomoff et Stiles ont codé les déviations de la taille des productions en s'intéressant plus spécifiquement à la réduction, à l'expansion horizontale et à l'expansion verticale. Pour cela, ils ont utilisé le Boston Qualitative Scoring System (Stern, Singer, Duke, Singer, Morey, Daughtrey & Kaplan, 1994) qui fournit une échelle de cotation allant de 1 « *déviaton extrême de la taille* » à 5 « *aucune déviaton de la taille* ».

Par ailleurs, Rey (1956), Osterriech (1945) et Akshoomoff et Stiles (1995) ont montré un avantage du dessin réalisé de mémoire par rapport à celui effectué en copie pour des aspects plus qualitatifs, tels que le type de construction (dessins constructionnels vs ligne de contour) et les stratégies utilisées. Dans notre recherche, nous ne retrouvons pas cet avantage, aucune différence entre les conditions de dessin n'étant mise en évidence pour le style compositionnel et la présence d'assimilations à une forme connue. Il faut souligner que les formes utilisées dans notre recherche sont moins complexes que celles de Rey, Osterrieth, Akshoomoff et Stiles dont la structure générale intègre plusieurs éléments différents.

2. Evolution avec l'âge du dessin chez les enfants aveugles et malvoyants

Conformément à notre attente, les enfants aveugles comme les enfants malvoyants parviennent à réaliser la tâche, comme l'indiquent de faibles taux d'oubli et d'assimilations à une forme connue chez tous les enfants. Comme décrit dans la littérature (D'Angiulli & Maggi, 2003 ; D'Angiulli et al., 2008; Kennedy, 1982, 1983, 1993, 1997, 2000; Kennedy et al., 1991 ; Millar, 1975), notre recherche montre que les enfants aveugles ont de réelles capacités à dessiner. Cela confirme d'une part que le toucher est capable d'interpréter les contours en l'absence de signaux visuels (Kennedy, 1997) et d'autre part, que le contour est un principe intermodal (D'Angiulli & Maggi, 2003). Néanmoins, la difficulté du traitement de la forme par le toucher est indéniable. En effet, à 10-13 ans, seulement la moitié des dessins produits par les enfants déficients visuels sont reconnaissables. En revanche, les performances pour la production des parties saillantes sont plus importantes que celles pour la production de la forme globale, conformément à notre hypothèse. Comme nous l'avons vu dans les expériences précédentes avec les enfants voyants travaillant sans voir, le toucher permet le repérage des parties saillantes, mais il a davantage de difficultés lorsqu'il s'agit de traiter la disposition relative des différentes parties. Ce traitement est en effet très coûteux car il nécessite un travail d'intégration et de synthèse, dû au caractère séquentiel de l'exploration haptique. Un développement des capacités cognitives des enfants permet toutefois d'améliorer les performances, comme l'indique l'augmentation des formes reconnaissables avec l'âge.

Contrairement au traitement de la forme, le système haptique s'est révélé davantage performant pour le traitement de la taille des modèles dans notre expérience. En effet, globalement, la taille des dessins ne diffère pas ou peu de celle des modèles explorés. On observe également peu de dessins constructionnels. Néanmoins, on notera qu'à 10-13 ans les enfants aveugles et malvoyants continuent à « inscrire » dans leurs dessins leur connaissance des parties constitutives de l'objet, au travers de l'agencement des formes (15%) tandis qu'à 10 ans, les enfants voyants travaillant sans voir ne produisaient plus ce type de dessins.

Nous nous attendions à observer des différences entre les dessins d'enfants malvoyants et aveugles, l'expérience visuelle des enfants malvoyants pouvant les avantager par rapport aux enfants aveugles à travers l'accès aux codes graphiques. Contrairement à notre hypothèse, les dessins réalisés par les enfants malvoyants ne sont pas plus souvent reconnaissables que ceux effectués par les enfants aveugles. Il semblerait donc que l'expérience visuelle ne facilite pas le traitement de la forme globale et la restitution de celle-ci sous forme de représentations graphiques. Mais il faut garder à l'esprit que les formes utilisées sont des formes non familières. Ainsi, il est tout de même possible que l'avantage d'une expérience visuelle soit présent pour des formes familières connues. En effet, dans ce cas

seulement, l'enfant pourrait utiliser l'imagerie visuelle comme médium de représentation, conformément au modèle par médiation d'images décrit par Lederman et coll. (1990) pour expliquer la manière dont les sens traitent l'information. Ce modèle propose que le système haptique traduit les informations tactiles en images visuelles, qui sont réinterprétées par le système visuel pour conduire à l'identification. Cela ne semble donc possible que lorsque les sujets ont une représentation visuelle correspondant à la forme explorée, ce qui n'est pas le cas dans notre expérience puisqu'il s'agit de formes non familières. L'absence de supériorité des malvoyants sur les aveugles pourrait également provenir de l'exploration manuelle. Lederman et Klatzky (1987, 1990) ont montré que la forme globale peut être extraite par les stratégies de suivi de contour, de contact statique et d'enveloppement. Nos résultats n'indiquent aucune différence selon le statut visuel pour l'utilisation du suivi de contour et du contact statique. En revanche, l'enveloppement de la forme globale est moins fréquemment employé par les enfants malvoyants qu'aveugles.

On observe toutefois une augmentation avec l'âge de la production de dessins reconnaissables chez les enfants malvoyants uniquement. Cette différence avec les enfants aveugles peut s'expliquer par le fait que seuls les enfants malvoyants emploient, avec l'âge, de plus en plus fréquemment les mouvements symétriques, stratégie étant associée à de bonnes performances de production de formes reconnaissables à la fois chez les enfants aveugles et malvoyants. Une augmentation avec l'âge de la production de parties saillantes est également observée uniquement chez les enfants malvoyants, ce qui entraîne des performances plus importantes à 10-13 ans chez les enfants malvoyants que chez les aveugles. Ce résultat peut être aussi mis en lien avec l'évolution de l'exploration haptique chez les enfants malvoyants. En effet, on observe uniquement chez eux une augmentation avec l'âge de l'exploration des parties locales de l'objet, avec une utilisation plus importante de la stratégie de « pince ».

Par ailleurs, on observe une différence au niveau du type de dessins produits. Les enfants malvoyants produisent davantage de formes fermées que les enfants aveugles. Ces derniers sont les seuls à réaliser des dessins dont les tracés sont positionnés par juxtapositionnement dans l'espace, empêchant évidemment la production de formes fermées. Cela pourrait attester de la difficulté de contrôle de l'exécution du dessin en cours chez les aveugles malgré l'utilisation d'un matériel spécifique (planche Dycem) qui permet la prise de repères spatiaux. Mais il est également possible que les positionnements par juxtaposition ne soient pas liés à une difficulté de réalisation du dessin mais à la nature des représentations mentales, ou à la manière dont les informations sont collectées. En effet, les positionnements par juxtaposition sont associés à l'utilisation du balayage de la surface chez les enfants aveugles. Il se peut que cette procédure, associée à une absence d'expérience visuelle, conduise à l'élaboration de représentations mentales fragmentées, traduites par des juxtapositions des parties dans les dessins.

Comme nous venons de le voir, ce n'est pas forcément l'expérience visuelle acquise par les enfants malvoyants qui serait à l'origine des différences entre les enfants. D'autres explications impliquant les caractéristiques de l'exploration haptique et le contrôle de l'exécution du dessin peuvent être évoquées. De ce fait, un entraînement de l'exploration haptique et du dessin pourrait permettre aux enfants aveugles d'atteindre des performances équivalentes à celles des enfants malvoyants. La littérature indique en effet qu'un entraînement au niveau de l'exploration haptique chez les enfants aveugles permet de meilleures performances de discrimination (Berlà & Butterfield, 1977 ; Berlà & Murr, 1974). Un entraînement centré sur les parties critiques de l'objet à explorer pourrait permettre aux enfants aveugles d'augmenter leurs performances en ce qui concerne la production de parties saillantes. Les données concernant les explorations haptiques indiquent que les enfants aveugles explorent déjà les parties locales de la forme comme en témoigne l'utilisation plus importante de la stratégie d'enveloppement de formes locales chez les enfants aveugles que chez les malvoyants. Néanmoins, cette stratégie semble moins efficace pour la discrimination des parties saillantes que la pince qui est la seule à être corrélée positivement avec la production de parties saillantes. La pince est en effet une stratégie plus précise et efficace, d'une part parce qu'elle cible directement une partie critique de l'objet (permettant ainsi une meilleure discrimination d'une pointe par exemple) et d'autre part parce qu'elle mobilise le pouce et l'index ou le majeur. Ce sont ces doigts qui ont la plus grande capacité fonctionnelle et discriminative (Tubiana & Thomine, 1990 ; Moberg, 1958). De ce fait, l'entraînement de l'exploration des parties critiques de l'objet devrait se baser sur une utilisation plus importante de la pince, puisque l'enveloppement de parties locales paraît limité comme stratégie. De la même façon, un entraînement au dessin chez les enfants aveugles pourrait améliorer la qualité des dessins par la diminution des positionnements des tracés par juxtaposition dans l'espace et l'augmentation des dessins fermés. Cette proposition rejoint la position de D'Angiulli et coll. (2008) qui mettent en avant la pratique du dessin comme facteur de progrès. Ils ont en effet montré une amélioration de la qualité des dessins produits chez des enfants aveugles de 12 ans après une pratique de 9 mois (notamment au niveau de la jonction des lignes). Notre hypothèse pourra être testée dans le prochain chapitre dans lequel nous examinerons, entre autre, l'effet de la pratique du dessin sur les performances de dessin d'objets familiers réalisés par des enfants aveugles.

3. Effet du statut visuel sur les performances de dessin.

Les résultats montrent que la majorité des enfants, quel que soit le statut visuel, parviennent à réaliser la tâche (taux d'oubli assez faible). En revanche, un effet du statut visuel est observé pour tous les autres critères. Cette comparaison des performances en fonction des statuts visuels confirme la supériorité attendue de la vision pour le traitement de la forme. Par ailleurs, il est intéressant de constater qu'en modalité tactile, les performances sont similaires quel que soit le statut visuel de

l'enfants (voyants travaillant sans voir, malvoyants et aveugles). En effet, les dessins des enfants malvoyants et voyants travaillant sans voir ne sont pas plus souvent reconnaissables et ne contiennent pas plus de parties saillantes que ceux des enfants aveugles. Cette absence de différences entre les voyants travaillant sans voir et les aveugles avait également été montrée dans une tâche d'identification de dessins d'objets familiers par Heller (1989). Ces résultats indiquent que la représentation d'objets non familiers ne dépend pas de l'expérience visuelle et que le système haptique fournit sa propre représentation des objets.

En ce qui concerne le traitement de la taille, les résultats ne révèlent pas de supériorité de la vision, les enfants voyants de la modalité visuelle sous-estimant plus souvent la taille des formes dans leurs dessins que les autres enfants. Ainsi, la vision ne facilite pas systématiquement les performances. Toutefois, une expérience visuelle associée à la pratique tactile permet d'atteindre de meilleures performances pour la production de taille. En effet, les enfants malvoyants sont ceux qui respectent le plus la taille des modèles dans leurs dessins.

Des différences importantes sont également observées au niveau de la construction des dessins. Comme nous l'avons vu précédemment, les enfants aveugles sont ceux qui dessinent le moins souvent les formes fermées. Ce sont également les seuls à produire des dessins dont les tracés sont positionnés par juxtaposition dans l'espace, malgré l'utilisation d'un matériel adapté. Par ailleurs, les enfants voyants (travaillant avec ou sans vision) produisent plus souvent des dessins en ligne de contour que les enfants aveugles qui vont davantage réaliser des dessins par agencement de formes géométriques. Comme nous l'avons montré précédemment chez les enfants voyants, il semblerait que le type d'exploration influence également la construction du dessin chez les enfants aveugles. Les résultats indiquent en effet que les dessins constructionnels sont associés à l'utilisation de l'enveloppement des formes locales chez les aveugles. Cette stratégie est plus souvent employée par les enfants aveugles que voyants (cf chapitre 1). Ainsi, la perception séquentielle des différentes parties de la forme par la mise en œuvre de cette stratégie pourrait conduire plus fréquemment les enfants aveugles à représenter dans leurs dessins les différentes parties qu'ils ont senties, à travers la production de dessins constructionnels.

Enfin, les résultats mettent en évidence des stratégies différentes de traitement des formes bidimensionnelles entre les enfants déficients visuels et les enfants voyants (travaillant avec ou sans vision). Les enfants déficients visuels ont davantage recours à des traitements top-down parce qu'ils impliquent une charge mnésique moins importante que celle intervenant dans les traitements bottom-up. En effet, les enfants déficients visuels produisent plus fréquemment d'assimilations à une forme connue que les enfants voyants (19,5% vs 2%).

CHAPITRE 4 : Développement des productions graphiques et des représentations mentales d'objets familiers chez des enfants déficients visuels et voyants de 6 à 14 ans

Depuis une vingtaine d'années, des illustrations en relief ont été introduites dans les livres destinés aux enfants aveugles, sans que l'on sache si ces images tactiles font sens pour eux. L'un des objectifs de l'étude présentée dans ce chapitre est d'apporter des éléments de réponse à cette question, dans le but de permettre à ces enfants de disposer de livres aussi attractifs que ceux offerts aux enfants voyants. Pour ce faire, nous faisons l'hypothèse qu'étudier les images tactiles (dessins) que les enfants aveugles peuvent eux-même produire des objets fournira une approche intéressante au problème posé. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons donc au développement des représentations mentales d'objets élaborées par des enfants aveugles précoces, malvoyants et voyants âgés entre 6 et 14 ans, à travers une tâche de descriptions verbales et de dessin. Nous examinerons également le développement graphique syntaxique et symbolique en fonction du statut visuel des enfants.

INTRODUCTION

Les aveugles appréhendent le monde et élaborent leurs représentations de celui-ci de façon différente des voyants. En effet, les images mentales des voyants sont construites en grande partie à travers leur expérience visuelle directe de l'environnement. Les autres sens jouent souvent un rôle secondaire dans le traitement de l'information, contribuant simplement à l'enrichissement des informations lors de la synthèse intermodale. En revanche, les images mentales des aveugles sont élaborées à partir d'informations tactiles, auditives, olfactives, gustatives et kinesthésiques. De plus, les aveugles construisent leur rapport au monde d'une façon temporelle séquentielle du fait de la séquentialité de la perception tactile, alors que les voyants le construisent de façon spatiale du point de vue visuel (Sacks, 1995). Il est donc certain que les représentations mentales des personnes voyantes et aveugles diffèrent sur un certain nombre d'aspects. Un des moyens utilisés par les chercheurs pour investiguer les représentations mentales consiste à étudier le langage et les descriptions verbales. De ce fait, la première partie de cette introduction s'intéressera au langage chez les enfants déficients visuels. Selon Piaget (1966), le langage serait inapte à décrire tout ce qui est perçu dans le milieu extérieur et ne serait donc pas l'unique ni peut-être le meilleur moyen d'accéder aux représentations mentales. Le langage a une fonction affective et cognitive dans le sens où il a pour rôle de comprendre et d'interpréter. Il va désigner essentiellement des concepts (classes, relations, nombres, liaisons...). Cependant, des concepts et un vocabulaire semblables d'un individu à l'autre peuvent correspondre à des images individuelles nombreuses et variées, d'où la nécessité d'un symbolisme imagé dont la fonction diffère de celle du langage. En effet, l'image consiste à désigner les objets eux-mêmes, en leurs particularités perceptives et en leurs caractères figuratifs concrets. Dans cette perspective, étudier

les productions graphiques spontanées des enfants peut constituer un moyen plus approprié pour étudier les représentations mentales. Par conséquent, la seconde partie de cette introduction abordera le développement du dessin chez les voyants et les déficients visuels. Enfin, nous exposerons notre problématique.

1. Langage et représentations mentales chez les enfants déficients visuels

1.1. Le sens des mots chez les enfants aveugles

Chez les aveugles, Clusforth (1932, 1951) met en évidence une particularité du langage qui est la présence de verbalisme, c'est-à-dire l'utilisation de mots ou d'expressions qui ne peuvent avoir de base sensorielle parce qu'ils expriment des expériences concrètes interdites par la cécité. Selon lui, le verbalisme exprime une pensée floue et déconnectée de l'expérience perceptive sur laquelle elle doit être fondée ; il serait très fréquent chez les aveugles congénitaux (48%) et les aveugles tardifs (65%). Des travaux ultérieurs (Anderson, 1984 ; Nolan, 1960) ont montré que la fréquence de verbalisme chez les aveugles n'est toutefois pas aussi élevée que le suggérait Clusforth. Harley (1963) distingue le verbalisme visuel (utilisation d'expressions relevant de la vision) et le verbalisme global dans lequel l'enfant définit des mots qui ne sont associés pour lui à aucune expérience perceptive. Les résultats de son expérience indiquent que le verbalisme purement visuel est relativement rare tandis que le score de verbalisme global est assez élevé. Ce sont les enfants les plus jeunes et ceux qui ont le plus bas niveau cognitif qui produisent le plus de verbalisme global. Même quand il s'agit de ce qu'on pourrait appeler du « pur » verbalisme visuel, Millar (1983) montre que les aveugles précoces de 8 à 13 ans attribuent une signification pertinente à des mots désignant des couleurs, qui n'ont pourtant pas de base perceptive pour eux.

D'autres auteurs ont cherché à savoir si la connotation affective des mots est la même chez les aveugles congénitaux et les voyants en utilisant le différentiateur sémantique d'Osgood (Osgood, Suci & Tannenbaum, 1957). Dans ces tâches, les sujets devaient attribuer à chaque mot présenté une note sur une échelle évaluant certaines qualités associées à ces mots (tristesse, force, tendresse, etc.) Aucune différence n'a été trouvée entre les aveugles congénitaux, malvoyants et les voyants (DeMott, 1972 ; Dershowitz, 1975).

1.2. Caractéristiques des conceptualisations chez les enfants aveugles

La formation de concepts est en grande partie fondée sur la perception et l'expérience. Les aveugles sont privés d'une grande partie de l'information utilisable par les voyants et doivent acquérir leurs

connaissances à partir de nombreuses informations qui ne sont pas toujours tangibles pour eux. L'étude d'Anderson et Olson (1981) s'est intéressée, chez des enfants aveugles de 3 à 10 ans, aux définitions d'objets qui sont plus ou moins « tangibles », donc plus ou moins accessibles à l'expérience perceptive habituelle des aveugles. Les plus tangibles sont les petits objets pouvant être enserrés dans la main (balle, stylo, cuillère, clef, peigne, tasse, brosse, poupée...), et les moins tangibles sont plus fonctionnels et moins basés sur les perceptions (arbre, voiture, maison, buisson, rue, autobus, porte, bâtiment...). Les résultats indiquent que les objets les moins tangibles sont décrits avec moins d'attributs (couleur, forme, composition, fonction, parties majeures, dimension, comparaison...) que les objets les plus tangibles mais, dans tous les cas, l'information tactile sur ces objets est dominante. Les auteurs concluent que le langage des enfants aveugles exprime bien les concepts qu'ils se sont forgés à partir de leur expérience perceptive spécifique.

D'autres auteurs ont cherché à savoir si la perception limitée et l'expérience particulière des aveugles entraînent des différences dans l'acquisition et la nature des concepts élaborés par les enfants aveugles et voyants. Kephart, Kephart et Schwarts (1974) ont étudié l'acquisition de concepts familiers en appliquant l'échelle de Kephart à 49 aveugles et 47 voyants de 5 à 7 ans. Cette échelle est une mesure de la « prise de conscience conceptuelle » liée aux concepts qui se rapportent à l'image corporelle de soi-même et de l'environnement. Elle permet d'établir l'ordre des informations que l'enfant a accumulé par ses propres moyens sur son environnement physique : son corps, la rue, le quartier, la ville. Les résultats de leur expérience mettent en évidence la lenteur de l'acquisition chez l'enfant aveugle. Ils montrent que les concepts des enfants aveugles sont fragmentés et que l'information qu'ils ont d'eux-mêmes et de leur environnement est restreinte.

Par ailleurs, Anderson (1984) s'est intéressé à la nature des conceptualisations, en analysant qualitativement et statistiquement le type d'attributs que les enfants associent aux objets. Dans son expérience, 10 enfants aveugles congénitaux et 10 enfants voyants, âgés de 3 à 9 ans, devaient d'abord décrire de mémoire, puis après exploration tactile, des objets communs. Les résultats montrent que les enfants aveugles ont décrit un plus grand nombre d'attributs perceptifs que les enfants voyants. Les enfants aveugles nomment des caractéristiques physiques fournies par le toucher (comme la texture) et l'audition alors que les enfants voyants décrivent, en plus des propriétés matérielles, des caractéristiques visuelles. L'indication de la couleur est plus fréquente dans les descriptions des enfants voyants. En outre, quand les enfants aveugles évoquent la couleur, ils font référence au fait que l'objet a de la couleur (« c'est coloré ») alors que les enfants voyants nomment la couleur spécifique de l'objet. Les enfants aveugles mentionnent également plus d'attributs égocentriques, liés à une expérience personnelle de l'enfant. Néanmoins, Anderson a mis en évidence quelques similitudes entre les enfants voyants et aveugles : les attributs perceptifs se réfèrent aux mêmes parties de l'objet et les mêmes fonctions sont énoncées. Enfin, les résultats indiquent que lorsque les enfants ont en main un objet, ils donnent moins d'importance à ses caractéristiques égocentriques qu'à ses caractéristiques

perceptives. Cela indique que la mémoire des enfants aveugles a été investie avec une signification personnalisée, en rapport avec leurs rencontres antérieures avec les objets.

2. Le dessin chez les personnes déficientes visuelles

Kennedy et ses associés (Kennedy, 1982, 1983, 1993, 1997, 2000 ; Kennedy et al., 1991) ont extensivement étudié les capacités à dessiner des aveugles congénitaux. Selon Kennedy, certaines règles de représentation graphique sont universelles, comme le masquage et la figuration des contours de l'objet plutôt que ses surfaces, car elles sont spontanément appliquées dans les productions picturales de certains aveugles de naissance. De même, D'Angiulli et Maggi (2003) suggèrent qu'il pourrait y avoir des principes de base et des traits perceptifs intermodaux communs aux voyants et aveugles. Dans leur étude, les principes perceptifs (contour, point de vue privilégié, mouvement) représentés dans les dessins d'aveugles congénitaux âgés de 12 ans étaient comparables à ceux trouvés communément chez des enfants voyants. D'autres études ont montré que les aveugles sont capables de représenter dans leurs dessins différents points de vue ainsi que la perspective et le mouvement (par exemple, Heller & Kennedy, 1990 ; Kennedy, 1993, 2003 ; Kennedy & Juricevic, 2003, 2006, 2008). Millar (1975) rapporte que l'expérience visuelle n'est pas indispensable au développement du dessin et suggère que celui-ci dépend davantage de l'apprentissage de conventions graphiques. D'autres auteurs (D'Angiulli, et al., 2008) s'opposent à la conception de Millar et proposent que le développement du dessin est plutôt lié à la pratique même du dessin. Malgré ces intéressantes observations, il faut noter que seulement 39% des dessins du corpus de l'étude de D'Angiulli et Maggi (2003) ont pu être reconnus sans connaissance des titres assignés par les enfants. De plus, certains résultats suggèrent que les aveugles précoces ignorent les règles de traduction de l'objet (Millar, 1975) et les règles de transcription de l'espace 3D en espace 2D, c'est-à-dire les conventions par lesquelles on figure la troisième dimension sur l'espace-plan de la feuille. En effet, Heller et al. (1995) ont remarqué que les aveugles précoces ont souvent tendance à représenter tous les côtés d'un objet par l'utilisation de la technique de développement (dessin en patron). De plus, les aveugles ont des difficultés dans la production de la perspective (Heller et al., 1996 ; Heller, 2002 ; Heller et al., 2002).

En revanche, la réalisation même des dessins, c'est-à-dire ses aspects syntaxiques, serait déterminée par un mécanisme amodal et ne serait pas dépendante de l'imagerie visuelle. En effet, à un niveau d'organisation globale de la syntaxe, Bouaziz et ses collaborateurs (Bouaziz & Magnan (soumis) ; Bouaziz et al., 2005) ont montré que le principe d'exécution centripète était appliqué chez les enfants voyants quelle soit la modalité d'exploration (tactile ou visuelle) et chez les enfants aveugles. A un niveau d'organisation locale, nous avons pu voir dans le chapitre 2, lors du dessin de formes géométriques non familières, que l'application des règles de localisation du point de départ du dessin

ne différerait pas chez les enfants voyants et les enfants déficients visuels (aveugles et malvoyants). Néanmoins, l'organisation de la séquence graphique semble plus influencée par l'expérience perceptive des enfants et la possibilité d'avoir un feed-back visuel lors du dessin.

3. Présentation de l'expérience

Le but de cette étude est de connaître les représentations mentales élaborées par des enfants voyants, malvoyants et aveugles à travers une tâche de descriptions verbales et de dessin d'objets familiers, mais aussi d'étudier et de comparer le développement du dessin à travers ses aspects syntaxiques et symboliques. Les objets sélectionnés pour cette étude sont fréquemment rencontrés dans les livres pour enfants et peuvent être regroupés dans cinq catégories. Un seul item compose la première catégorie. Il s'agit du bonhomme qui est un objet spécifique car tous les enfants en ont connaissance à travers leur propre corps. La seconde catégorie regroupe des objets non manipulables de façon globale par la main de l'enfant (l'arbre, la maison et le lit), dont les enfants ont une connaissance perceptive limitée. La troisième catégorie concerne les objets manipulables que l'enfant peut tenir dans ses mains (brosse à dents, verre et banane). La quatrième catégorie fait référence à des « objets » non appréhendables, tels que le soleil et la pluie. Enfin, la dernière catégorie comprend des animaux familiers (chien, poisson, oiseau).

En ce qui concerne les descriptions verbales, nous nous sommes intéressées à la présence de caractéristiques perceptives des objets (tactiles, visuelles, auditives, olfactives, gustatives) mais également à la manière dont l'objet est défini. Les enfants font-ils référence à leur expérience personnelle, au contexte dans lequel se trouve l'objet ? Désignent-ils la fonction, les propriétés et les constituants de l'objet ? Font-ils des définitions par conceptualisation ou par défaut, c'est-à-dire par comparaison à un autre objet ou en expliquant ce que l'objet n'est pas ? Les enfants déficients visuels devraient faire davantage référence à des caractéristiques sensorielles tactiles et auditives que les enfants voyants qui élaborent leurs représentations essentiellement à travers leur expérience visuelle. Nous nous attendons également à ce que les enfants aveugles produisent du verbalisme en faisant référence aux couleurs des objets. Néanmoins, conformément à l'étude de Millar (1983), l'utilisation des couleurs devrait être adéquate. Si des différences au niveau des perceptions évoquées sont attendues, la construction des représentations concernant les connaissances conceptuelles devrait s'effectuer de la même manière. Ainsi, les descriptions par conceptualisation devraient augmenter avec l'âge quel que soit le statut visuel de l'enfant, à mesure que leurs représentations des objets s'enrichissent. Enfin, comme rapporté par Anderson (1984), les enfants aveugles devraient faire davantage référence à leurs expériences personnelles que ne le font les enfants voyants.

Notre étude s'intéresse également au développement des productions graphiques. L'analyse de ces dernières va se distinguer selon le type de production réalisé par les enfants (dessins ou gribouillages). Le contrôle tactile de l'exécution du dessin en cours est plus précaire que le contrôle visuel des voyants. De ce fait, les gribouillages devraient être produits uniquement par les enfants déficients visuels, surtout chez les plus jeunes. Néanmoins, à l'instar de Kennedy (1983, 1993, 1997, 2000) qui suggère que certaines règles de représentation graphique sont universelles (telle que l'utilisation de la ligne pour désigner le contour d'un objet), nous nous attendons à ce que la majorité des enfants aveugles produisent des dessins. Lorsque la production graphique est un gribouillage, nous jugerons s'il s'agit de tracés au hasard dans lesquels « on ne peut rien lire » ou si les productions présentent des tracés répétitifs avec une directionnalité du trait en rapport avec l'objet et si la quantité et l'amplitude des traces sont en relation logique avec la taille de l'objet. Lorsque les productions graphiques sont des dessins, nous nous sommes intéressées à la qualité des dessins, au positionnement dans l'espace à travers le respect des conventions (le haut de l'objet correspond au haut de la feuille), à la présence d'erreurs de positionnement des éléments de l'objet, à la présence de positionnement des éléments par juxtaposition dans l'espace. Conformément à l'étude de Millar (1975) et aux résultats obtenus dans notre Expérience 3, nous nous attendons à ce que le positionnement des éléments par juxtaposition dans l'espace soit plus fréquent dans le dessin des enfants aveugles que dans celui des enfants malvoyants et voyants.

L'analyse des dessins inclue également un jugement de leur reconnaissabilité (avec et sans connaissance de l'objet sur lequel porte le dessin), de leur qualité artistique et de la présence d'une proportion adéquate des différents éléments composant l'objet. Conformément à l'étude de D'Angiulli et Maggi (2003) et à notre Expérience 3 dans lesquelles moins de 40% (39% chez D'Angiulli et Maggi et 37% dans l'Expérience 3) des dessins des enfants aveugles étaient reconnus, nous nous attendons à ce que les dessins des enfants aveugles soient moins fréquemment reconnus que ceux des autres enfants

Nous nous sommes aussi intéressées à la présence de dessins par transparence, de rajout d'éléments de contexte dans le dessin et au point de vue privilégié dans les dessins par les enfants. Il a été montré que les enfants aveugles étaient capables de représenter différents points de vue dans leurs dessins, comme les enfants voyants (D'Angiulli & Maggi, 2003). Freeman (1980) montre que le dessin d'un objet familier se fait selon une représentation canonique et selon une orientation particulière. En général, les recherches chez les adultes révèlent un biais directionnel vers la gauche. Nous avons donc coté la présence d'une représentation canonique et d'un positionnement de la tête des animaux selon le profil gauche. Le mélange de différents points de vue, ainsi que le point de vue de la main qui explore, ont également été analysés. Nous nous attendons à ce que les enfants malvoyants et voyants dessinent davantage les objets d'un point de vue canonique que les enfants aveugles. Par ailleurs, on devrait voir

apparaître le point de vue de la main qui explore uniquement dans le dessin des enfants aveugles.

Enfin, la présence d'un procédé de rabattement et de tentatives pour représenter la perspective ont été cotés. Conformément aux études montrant que la production de la perspective est difficile chez les aveugles (Heller et coll., 1995 ; Heller et coll., 1996 ; Heller et coll., 2002), nous nous attendons à ce que les aveugles produisent moins spontanément de la perspective dans leurs dessins que les autres enfants. En revanche, le procédé de rabattement devrait être davantage présent dans les dessins des enfants aveugles car ce type de représentation est plus cohérent avec les expériences du système haptique.

Comme nous l'avons dit précédemment, les productions graphiques peuvent être étudiées à un autre niveau, celui de la syntaxe. Nous nous sommes intéressées à la présence de dessins en lignes de contour, à l'application des règles de départ des dessins en haut à gauche, du principe de progression du noyau vers la périphérie, ainsi que du principe de SRP (Start Rotation Principle) et nous avons évalué la continuité des tracés. Conformément à l'étude de Bouaziz, Russier et Magnan (2005) et aux résultats obtenus dans le chapitre 2, nous pensons que l'application des règles syntaxiques à un niveau d'organisation locale et globale n'est pas déterminée par l'imagerie visuelle. De ce fait, aucune différence en fonction du statut visuel ne devrait apparaître quant à l'application des principes de point de départ du dessin, de progression du corps vers la périphérie et le SRP. Par ailleurs, ces règles devraient être appliquées dès 6 ans, conformément aux données de la littérature (Goodnow & Lévine, 1973 ; Meulenbroek, Vinter & Mounoud, 1993 ; Picart & Vinter ; 2005 ; Vinter, 1994).

METHODE

Sujets

64 enfants déficients visuels, âgés entre 6 et 14 ans, de sexe masculin et féminin, ont participé à cette étude. Les sujets proviennent majoritairement de pays francophones (France : Institut Arc en ciel à Marseille (RéGINE Champton), IDES à Paris (Magalie Jousset), ERDV Epi de soil à Loos (Marie-Claire Pichon), IME à Loos (Schloesing Danièle), IDES Le phare à Ilzach (Mme Panetta), CRESDEV à Besançon ; Québec : Institut Nazareth et Louis Braille (Louise Comtois et Joanne Thibodeau), Belgique : Service d'aide précoce Triangle-Wallonie à La Hulpe (Stéphanie Biston), Association Gabriel Deshayes SJDV (Laure Constantin), Suisse : Centre d'appui pour handicapés de la vue à Genève (Brigitte Simian), Centre pédagogique pour handicapés de la vue à Lausanne (Dominique Vallat), Niger : Murna Raya à Niamey (Philippe Claudet), Burkina Faso : ABPAM à Ouagadougou (Monique Clette), sauf un sujet provenant de Lituanie : Lithuanian educational centre for blind (Diana Raudonienė)⁵. La moitié des sujets sont malvoyants et l'autre moitié des enfants sont affectés de cécité précoce. Comme précédemment, nous nous sommes basées sur la classification française pour effectuer la répartition. Ainsi, nous avons considéré comme étant malvoyants les enfants appartenant aux catégories 1, 2, 3 décrites par l'OMS (se référer à l'Annexe 1 p. 288) et ceux appartenant aux catégories 4 et 5 ans comme étant aveugles. Ces derniers étaient tous aveugles congénitaux, ayant perdu l'usage de la vue avant l'âge de 6 mois. Aucun des sujets n'a de troubles associés à son déficit visuel.

Les sujets ont été répartis dans quatre groupes d'âge différents : 6-7 ans, 8-9 ans, 10-11 ans et 12-13-14 ans. Les quatre groupes d'âge sont composés de huit enfants malvoyants et huit enfants non-voyants. Les principales caractéristiques des enfants aveugles et des enfants malvoyants sont présentées respectivement dans le Tableau 26. Les caractéristiques plus détaillées des enfants se trouvent en Annexe 3 p. 290.

⁵ Nous tenons à remercier toutes ces personnes pour leur aide dans la collecte des données. Afin de former ces personnes à distance, nous leur avons envoyé un CD dans lequel nous montrions un exemple d'expérimentation avec un enfant aveugle.

Tableau 26 : Caractéristiques des enfants aveugles (en haut) et malvoyants (en bas).

ENFANTS AVEUGLES

Groupe d'âge	Effectif	Age moyen (en année et en mois)	Ecart-type des âges (en mois)	Sexe	Latéralité	Pays d'origine
6-7 ans	8	7,2	6	4 filles 4 garçons	6 droitiers 2 gauchers	France (4), Belgique (1), Québec (1), Niger (2)
8-9 ans	8	8,8	7	5 filles 3 garçons	8 droitiers	France (4), Belgique (1), Québec (3)
10-11 ans	8	10,1	6	3 filles 5 garçons	8 droitiers	France (3), Suisse (2), Québec (2), Lituanie (1)
12-13-14 ans	8	12,11	11	5 filles 3 garçons	6 droitiers 2 gauchers	France (5), Belgique (1), Suisse (1), Québec (1)

ENFANTS MALVOYANTS

Groupe d'âge	Effectif	Age moyen (en année et en mois)	Ecart-type des âges (en mois)	Sexe	Latéralité	Pays d'origine
6-7 ans	8	7,2	3	3 filles 5 garçons	7 droitiers 1 gaucher	France (4), Belgique (4)
8-9 ans	8	8,8	8	4 filles 4 garçons	8 droitiers	France (2), Belgique (1), Suisse (2), Burkina Faso (1), Niger (2)
10-11 ans	8	10,8	5	3 filles 5 garçons	8 droitiers	France (6), Belgique (2)
12-13-14 ans	8	13,7	8	6 filles 2 garçons	7 droitiers 1 gaucher	France (6), Belgique (1), Québec (1)

32 sujets voyants ont été appareillés aux enfants déficients visuels en fonction de leur âge et de leur sexe. Ils sont tous de langue maternelle française et proviennent de familles de classe socioprofessionnelle moyenne. Ils ont ni avance, ni retard scolaire et n'ont pas de problème de vision. Les caractéristiques des enfants sont décrites dans le Tableau 27.

Tableau 27 : Caractéristiques des enfants voyants.

Groupe d'âge	Effectif	Age moyen (en année)	Ecart-type des âges (en mois)	Sexe	Latéralité
6-7 ans	8	7,2	3	3 filles et 5 garçons	7 droitiers 1 gaucher
8-9 ans	8	8,10	6	5 filles et 3 garçons	8 droitiers
10-11 ans	8	11,2	2	3 filles et 5 garçons	8 droitiers
12-13-14 ans	8	13,3	6	6 filles et 2 garçons	7 droitiers 1 gaucher

Matériel

Les enfants voyants ont utilisé des feuilles blanches, des feutres (pour les plus jeunes surtout) et des stylos pour le dessin. Pour les enfants déficients visuels, aucun matériel particulier n'est imposé pour dessiner. C'est le matériel le plus familier à l'enfant qui a été utilisé. Dans le cas où l'enfant n'avait aucune familiarité avec un matériel, l'expérimentateur a choisi ce qui convenait le mieux en fonction de son âge et de la nature de son handicap visuel. Ainsi, certains dessins sont réalisés sur des feuilles blanches avec des stylos, feutres ou crayons de couleurs, d'autres avec des crayons de cire et un grillage ou encore à l'aide d'une planche Dycem, tapis collant en caoutchouc, sur laquelle est fixée une feuille plastifiée où l'on peut tracer des motifs en créant du relief grâce à un stylo ou à un poinçon. La majorité des enfants malvoyants a utilisé des feuilles (35 enfants) et seulement trois enfants malvoyants (catégorie OMS 2) ont utilisé les planches Dycem. En ce qui concerne les enfants aveugles, la moitié d'entre eux a utilisé les feuilles et l'autre les planches Dycem. Ces planches ont surtout été utilisées par les enfants de catégorie OMS 5 (10 enfants sur 13) et les feuilles par les enfants de catégorie OMS 4 (14 enfants sur 21).

Procédure

L'expérience s'est déroulée au sein de l'établissement ou de l'institution d'accueil de l'enfant. Elle était réalisée en plusieurs séances sauf pour des cas exceptionnels où l'expérimentateur n'avait pas la possibilité de revoir l'enfant. Le nombre de séances pouvait varier selon l'âge et le handicap visuel de l'enfant. Les passations étaient individuelles et aucune limite de temps n'était imposée à l'enfant. Ce dernier était installé à une table dans une pièce calme. L'expérimentateur lui demandait tout d'abord de décrire un objet puis d'en dessiner un autre et ainsi de suite pour les douze objets. L'ordre dans lequel la description et le dessin des douze objets étaient demandés a été aléatorisé pour chaque enfant et le même objet n'a jamais été décrit puis dessiné à la suite.

Ainsi, avant chaque dessin, l'expérimentateur demandait à l'enfant de décrire verbalement un objet, en lui posant systématiquement les questions : « c'est quoi, pour toi, un.... (arbre par ex.) ? », « comment c'est fait, selon toi, un ... ? », « comment on fait pour reconnaître un ... ? » et relevait les réponses données par l'enfant au fur et à mesure. Celles-ci étaient également enregistrées sur dictaphone, afin de permettre toute correction ultérieure. Puis l'expérimentateur demandait à l'enfant de réaliser le dessin d'un autre objet « maintenant, est-ce que tu peux me faire le dessin d'un.....soleil, par exemple? ». L'enfant était autorisé à recommencer son dessin s'il déclarait s'être trompé. Pendant le dessin de l'enfant, l'expérimentateur relevait la syntaxe du dessin en indiquant le départ des traits par un point (•), la direction des tracés par une flèche (>) ainsi que l'ordre dans lequel chaque tracé a été effectué. Il relevait également tous les commentaires spontanés des enfants, en particulier les explications données par les enfants aveugles concernant les éléments de leurs dessins.

Codage des données

➤ Analyse des descriptions verbales

Présence de caractéristiques perceptives

L'analyse des descriptions verbales s'intéresse tout d'abord à la présence des caractéristiques perceptives des objets dans les descriptions réalisées par les enfants. Cela concerne la perception tactile par le ressenti au contact du corps, par exemple : « *on peut sentir la chaleur du soleil sur notre visage ; les poils de la brosse à dents sont un peu rugueux...* », la perception visuelle, par exemple « *une banane, c'est jaune ; la pluie est transparente ; le soleil nous éblouie...* », la perception olfactive, par exemple « *on reconnaît le poisson à l'odeur, ça sent pas très bon ...* », la perception gustative « *la banane, c'est sucré...* » et la perception auditive par exemple « *un chien, ça jappe ; l'eau fait ploc-ploc quand elle tombe...* ». Pour chacun de ces sens, nous cotons 1 leur présence dans les descriptions et 0 lorsqu'ils sont absents. Dans le cas où l'enfant fait référence à au moins une caractéristique perceptive de l'objet, nous cotons 1 la variable « référence explicite à la perception ».

Lorsque l'enfant répond à l'une des deux premières questions (c'est quoi pour toi un... ? comment c'est fait un ... ? par une évidence perceptive (« *Je le vois, parce que je le sens, je regarde, je touche...* »)), nous cotons 1, sinon 0.

Manières dont l'objet est défini

Nous nous sommes intéressées à la manière dont les objets sont définis, plus précisément à l'intrusion de l'expérience personnelle dans la définition (coté 1/0), par exemple : « *mon chien s'appelle Mira ; une fois mon papa il en a ramené un de poisson, il était tout gluant ; je n'aime pas le poisson, il y a des arrêtes...* », de description de constituants de l'objet ou d'éléments (coté 1/0), par exemple : « *un chien a quatre pattes, une queue, de longues oreilles ; la pluie, c'est des nuages avec plein de*

gouttelettes... ». Le nombre de constituants décrits est noté. Nous avons également pris en compte la désignation de la fonction de l'objet (coté 1/0), par exemple « *une brosse à dents, c'est fait pour se brosser les dents ; un chien ça sert à nous protéger des voleurs...* », des propriétés de l'objet (coté 1/0), par exemple « *un bonhomme, ça peut marcher, parler ; le soleil c'est chaud ; une banane c'est jaune...* » et du contexte dans lequel se trouve l'objet, par exemple « *on trouve les arbres dans une forêt* ». Enfin, nous avons relevé la présence des définitions par conceptualisation (coté 1/0) comme l'inclusion de l'objet dans une catégorie plus générale (*un lit, c'est un meuble...*) et la présence de définitions par défaut (dire ce que l'objet n'est pas, par exemple : *un oiseau n'est pas un mammifère*) ou par comparaison (*la maison est plus petite qu'un immeuble*) (coté 1/0).

Pour permettre une analyse plus approfondie des descriptions, les propriétés décrites (texture, couleur, température...) par les enfants et les constituants des objets décrits ont été relevés.

➤ **Analyse des productions graphiques**

L'analyse des productions graphiques se distingue selon que ces dernières sont des dessins (coté 1) ou des gribouillis (coté 0).

1. Analyse des gribouillages

Lorsque les productions graphiques sont des gribouillages, nous avons jugé s'il s'agissait de tracés au hasard où on ne peut rien lire (coté 1). Pour tous les objets sauf pour le bonhomme et la maison, nous avons également évalué si les productions présentaient des tracés répétitifs avec une directionnalité du trait ayant un rapport avec l'objet (coté 1) : par exemple, des tracés verticaux pour la pluie et l'arbre ; des tracés horizontaux pour le lit ; des tracés courbes ou ronds pour la banane, le soleil, le chien, le poisson, l'oiseau ; des tracés ronds pour le verre. Enfin, lorsque la quantité et l'amplitude des traces (qu'elles soient au hasard ou non) sont en relation logique avec la taille de l'objet, nous avons coté 1 (la trace d'un arbre doit être plus grande que celle d'un oiseau ou d'une banane par exemple).

2. Analyse des dessins

En ce qui concerne les dessins, nous nous sommes intéressées aux positionnements dans l'espace, à la qualité du dessin et au point de vue privilégié.

Codage du positionnement dans l'espace :

1. Tout d'abord, nous regardons si l'enfant a **respecté les conventions** (coté 1), c'est-à-dire si l'espace graphique correspond à l'espace de la feuille. Concrètement, nous vérifions si le bas de la feuille correspond au bas de l'objet et le haut de la feuille au haut de l'objet. Nous n'avons pas coté le dessin du soleil, de la brosse à dents et de la banane car ces objets n'ont pas d'orientation particulière. De la même façon, lorsque le verre et l'arbre sont dessinés du point de vue de la main qui explore (c'est-à-dire représenté par un rond), cette variable n'a pas été codée.

2. Pour les dessins d'objets constitués de plus d'un élément, les **erreurs de positionnement** d'un de ces éléments sont relevées (coté 1). Ce type d'erreur est illustré en Figure 70 avec le dessin d'un bonhomme où les bras sont rattachés à la tête.

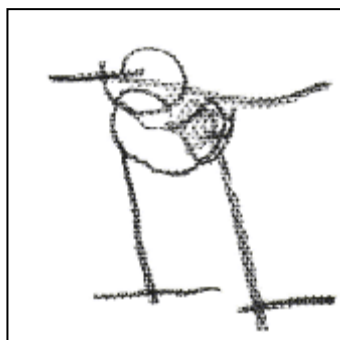


Figure 70 : Dessin d'un bonhomme contenant une erreur de positionnement.

3. Le **positionnement par juxtaposition** dans l'espace des éléments de l'objet est également analysé (coté 1) pour les dessins d'objets constitués de plus d'un élément. Par conséquent, ce type de positionnement n'est pas évalué pour le dessin de la pluie, du soleil, du verre et de la banane sauf si ces derniers sont dessinés avec plusieurs levés de crayon. Dans ce cas, nous regardons si les tracés sont juxtaposés les uns aux autres. Cela implique que les éléments d'un objet ou les tracés sont séparés les uns des autres, comme nous pouvons le voir avec la Figure 71 représentant le dessin d'un chien.

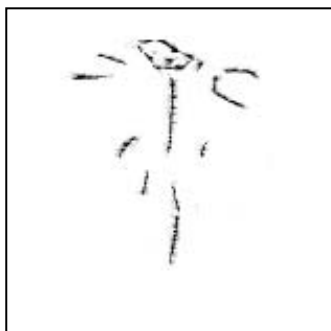


Figure 71 : Dessin d'un chien avec positionnement par juxtaposition.

Qualité du dessin

1. Deux juges travaillant indépendamment ont vérifié si les différentes parties de l'objet dessiné présentent une **proportion adéquate** les unes par rapport aux autres, conformément à la réalité (coté 1). Ce critère est évalué pour les objets composés de différentes parties (bonhomme, chien, maison...). Pour les objets représentés par une seule unité, la proportion adéquate est évaluée lorsqu'un élément de contexte a également été dessiné, permettant ainsi la comparaison des proportions. La cotation de

cette variable est illustrée dans la Figure 72 où le dessin du chien à gauche possède une proportion adéquate (coté 1), contrairement à celui de droite (coté 0).

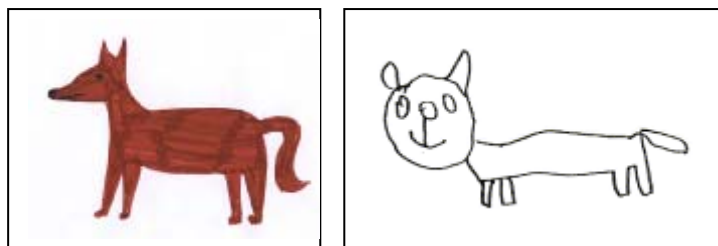


Figure 72 : Dessin d'un chien dont les proportions sont correctes (à gauche) et incorrectes (à droite).

2. Nous évaluons à l'aide de deux juges indépendants si le **dessin est reconnaissable sans qu'ils ne disposent d'information sur la consigne à laquelle répondait le sujet**. Les notes des deux juges sont moyennées pour obtenir un score variant de 0 lorsque les dessins ne sont reconnus par aucun des juges, 0,5 lorsqu'il est reconnu par un seul juge, à 1 lorsque les deux juges ont reconnu le dessin.

3. La **reconnaissabilité des dessins en disposant des titres** est également évaluée à travers une échelle allant de 1, *pas du tout reconnaissable*, à 5 *tout à fait reconnaissable*. Deux juges ayant connaissance des titres et travaillant indépendamment évaluent tous les dessins afin de garder une certaine homogénéité entre les différents objets et sujets. Ces juges savaient simplement qu'il s'agissait « d'enfants ».

4. De la même manière, la **qualité artistique** de tous les dessins est évaluée par deux juges sur une échelle de 1 à 5 allant de qualité artistique nulle à très bonne qualité artistique. Il faut préciser que l'âge des enfants n'a pas été donné aux juges.

5. Le **rajout d'éléments de contexte** non demandés dans le dessin est également relevé (coté 1). Nous pouvons en voir une illustration sur la Figure 73 où le dessin de la brosse à dents est accompagné du tube de dentifrice.

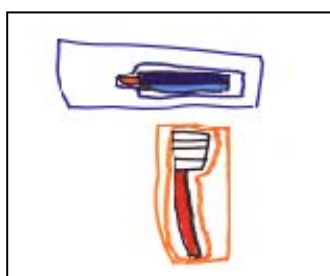


Figure 73 : Dessin d'une brosse à dents qui est accompagné de celui du tube de dentifrice.

6. Nous relevons également les **dessins par transparence** (coté 1) où figurent dans le dessin des éléments internes comme si ceux qui les masquent étaient devenus transparents, comme nous pouvons le voir dans la Figure 74, montrant le dessin de la maison à travers laquelle nous pouvons voir un chien.



Figure 74 : Dessin par transparence d'une maison (chien à l'intérieur)

Point de vue privilégié

Enfin, nous nous sommes intéressées au point de vue privilégié par l'enfant dans son dessin.

1. Lorsqu'il s'agit d'un **point de vue canonique**, c'est-à-dire relevant de conventions, d'apprentissages, nous avons coté 1. Plus précisément, cela consiste à dessiner de face la maison, le bonhomme, le verre, l'arbre et le soleil et de profil le chien, le poisson, le lit, la banane, la brosse à dents, la pluie, l'oiseau (sauf la chouette qui est dessinée de face). La Figure 75 illustre le dessin d'un oiseau dessiné d'un point de vue canonique à gauche et d'un point de vue non canonique à droite.

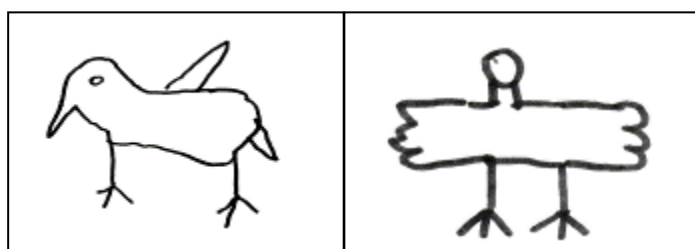


Figure 75 : Dessin d'un oiseau d'un point de vue canonique (à gauche) et non canonique (à droite).

2. Lorsque le point de vue est non canonique, deux juges ont observé si les dessins sont dessinés du **point de vue de la main qui explore**. Par exemple, lorsque l'enfant explore le verre, il sent l'arrondi du verre et c'est ce qu'il va représenter par un rond, comme nous pouvons le voir sur la Figure 76.



Figure 76 : Dessin d'un verre du point de vue de la main qui explore.

3. Le **mélange de point de vue**, consistant à représenter différents points de vue sur un même objet est également codé par deux juges (coté 1). Il est illustré à droite de la Figure 72 p. 180 montrant le dessin du chien dont le corps est dessiné de profil tandis que la tête est présentée de face.

4. Pour les animaux dessinés de profil, nous nous sommes intéressées au **positionnement de la tête**. Lorsque cette dernière est positionnée profil gauche, nous cotons 1 et lorsqu'elle est dessinée profil droit, nous cotons 0.

5. Pour le dessin du lit, de l'oiseau et du chien uniquement, nous avons observé s'ils présentaient un **procédé de rabattement** (coté 1), rendant la perspective impossible. Ce procédé consiste à rabattre les supports des objets de chaque côté du corps de ceux-ci, comme nous pouvons le voir sur la Figure 77 représentant à gauche le dessin d'un lit et à droite le dessin d'un chien.

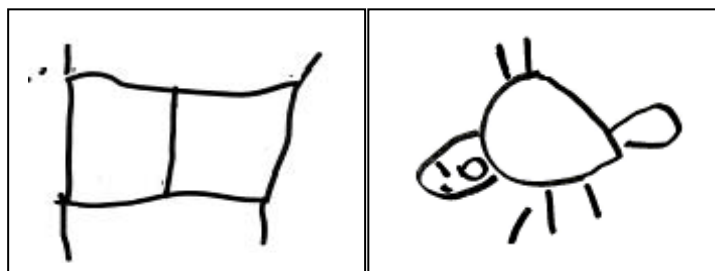


Figure 77 : Dessin d'un lit à gauche et d'un chien à droite présentant un procédé de rabattement.

6. Enfin, deux juges indépendants ont codé si le dessin de la maison, du lit, du verre et de la brosse à dents présentent une **perspective** ou une tentative pour la représenter (coté 1).

➤ **Analyse de la correspondance entre la production graphique et niveau sémantique**

Pour finir, nous avons analysé la correspondance entre la production graphique et le niveau sémantique en notant le nombre d'éléments communs au verbal et au dessin et en indiquant si l'ordre

des éléments cités dans les descriptions verbales et ceux dessinés était similaires (coté 1). Une inversion a été tolérée lorsque le nombre d'éléments en commun était d'au moins quatre éléments.

➤ **Analyse de la syntaxe**

La syntaxe a été analysée lorsque les productions graphiques des enfants n'étaient pas des gribouillages. Nous nous sommes intéressées au style compositionnel (dessin en lignes de contour vs dessin constructionnel), à l'application des règles de départ des dessins en haut à gauche, du principe de progression du noyau vers la périphérie, du principe de SRP (Start Rotation Principle). Enfin, la continuité des tracés a été évaluée.

Codage du style compositionnel :

Un dessin en lignes de contour est coté 1 et un dessin dit constructionnel, c'est-à-dire réalisé par assemblage de différents éléments, est coté 0. Le style compositionnel n'a pas été analysé lorsque les objets entraînent nécessairement la production exclusive d'un des deux styles, comme, par exemple, la maison et le soleil qui sont nécessairement dessinés par assemblage, et la pluie qui est toujours dessinée en lignes de contour. De la même façon lorsque la production de l'enfant ne contient qu'un seul élément, le style compositionnel n'est pas coté, la production de dessins constructionnels n'étant pas possible. Enfin, cette variable n'a pas été analysée dans le cas de dessins réalisés par juxtaposition, c'est-à-dire lorsque les éléments et/ou tracés sont détachés les uns des autres.

Codage de l'application des règles syntaxiques :

- L'application de la règle de départ du dessin en haut est cotée 1 ainsi que celle du point de départ à gauche.
- Le principe de progression du noyau vers la périphérie est un principe d'ordre sémantique qui consiste à dessiner d'abord les unités centrales/génériques de l'objet puis les unités accessoires/périphériques. Par exemple, pour le dessin d'une maison, cela va consister à dessiner d'abord le « corps » de la maison avec le toit puis les fenêtres, la porte, la cheminée,...

L'application de ce principe (coté 1) est évaluée lorsque la production graphique de l'enfant le permet, c'est-à-dire lorsque l'on peut identifier des unités centrales et périphériques.

- Le Start Rotation Principle (SRP) s'applique pour les figures fermées comme les cercles, plus précisément pour le dessin du soleil et de la tête du bonhomme, du chien et de l'oiseau quand cette dernière est représentée par un cercle. Selon ce principe, les droitiers commencent le cercle à droite de l'axe 11h-5h (en référence au cadran d'une montre) et effectuent une rotation anti-horaire, alors que ceux initiant la production à gauche de cet axe effectuent une

rotation horaire. Pour les gauchers, quand le point de départ est situé entre 1h et 5h, le sens de rotation est anti-horaire, sinon il est dans le sens horaire. L'application de ce principe est cotée 1.

Codage de la continuité des tracés:

Un dessin est continu s'il n'y a pas de rupture dans le mouvement. Nous repérons le nombre d'éléments que l'enfant a représenté dans son dessin. Pour chacun de ces éléments, que nous appellerons « unités de dessin », nous regardons s'ils ont été effectués en continuité ou non. On cotera 1 lorsque le dessin est en continu (en un seul tracé) et 0 lorsqu'il est discontinu (avec deux tracés ou plus).

Chaque tracé correspond à une discontinuité dans le mouvement. On considère un tracé comme étant nouveau s'il n'est pas effectué à la suite du mouvement précédent, c'est-à-dire s'il y a une rupture avec le mouvement précédent. Un levé de crayon n'est pas forcément considéré comme un nouveau tracé. En effet, si le tracé s'enchaîne à partir du mouvement précédent, c'est-à-dire en continuité avec celui-ci, alors il n'est pas considéré comme un nouveau tracé.

Dans le cas où il y a plusieurs unités dans le dessin, on additionne le score obtenu pour chaque unité. On divise ce score avec le nombre total d'unités pour obtenir un score global de continuité pour le dessin.

Les traits uniques (comme pour le dessin de la pluie par exemple), nécessairement réalisés en continuité, et les unités qui servent à relier deux autres unités, inévitablement réalisées en discontinuité, ne sont pas inclus dans l'évaluation de la continuité du dessin.

On trouvera dans l'Annexe 4, p. 299, un exemple de calcul de la continuité appliqué au dessin de la maison.

RESULTATS

Nous présenterons tout d'abord les résultats concernant les descriptions verbales, puis les productions graphiques et enfin la syntaxe. Nous nous intéresserons aux effets de l'âge, du statut visuel et du type d'objets sur les descriptions verbales et les dessins. Rappelons que nous avons distingué cinq types d'objets : le bonhomme (Bonhom.), les animaux (Anim.) tels que le chien, l'oiseau et le poisson, les objets non appréhendables (Non appr.) correspondant au soleil et à la pluie, les objets manipulables (Manip) comprenant la brosse à dents, la banane et le verre et les objets non manipulables (Non Manip.) concernant la maison, l'arbre et le lit. Par ailleurs, des analyses complémentaires seront réalisées chez les enfants aveugles afin de déterminer l'influence du niveau de pratique du dessin, de la lecture de livres tactiles, du type de matériel utilisé pour le dessin et de la gravité du trouble visuel (cécité absolue ou non) sur le comportement graphique. Enfin, nous examinerons le développement avec l'âge des aspects syntaxiques, indépendamment du type d'objets, chez les enfants voyants, malvoyants et aveugles.

1. Analyse des descriptions verbales

Des ANOVAS avec l'Age des sujets (4 : 6-7, 8-9, 10-11, 12-13-14 ans), le Statut visuel (3 : aveugle, malvoyant, voyant) comme facteurs inters-sujets et le type d'Objets (5 : bonhomme, objets non manipulables, non appréhendables, manipulables, animaux) comme facteurs intra-sujets ont été effectuées sur les variables mesurées. Quand cela semblait s'imposer, des tests de Student ont été réalisés dans chaque groupe d'enfants (aveugle, malvoyant, voyant).

1.1. Définition en rapport avec des caractéristiques perceptives de l'objet

- Référence explicite à une caractéristique perceptive de l'objet

Le taux de présence d'une définition sans référence explicite à des caractéristiques perceptives de l'objet, en fonction de l'âge et du type d'objet, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présenté dans la Figure 78.

Dans la moitié des cas (56%), les enfants font une référence explicite à une caractéristique perceptive de l'objet. Aucune différence en fonction de l'âge n'est mise en évidence, $F(3,82) < 1$, ce qui reste vrai chez les enfants aveugles, $t_s(14) < 1.4$, $p_s > .15$, et malvoyants, $t_s(14) < 1$. En revanche, une augmentation significative entre 8-9 ans et 10-11 ans des références à une caractéristique perceptive de l'objet apparaît chez les enfants voyants, $t(14) = 2.4$, $p < .05$. Aucun effet du statut visuel n'est observé, $F(2,82) = 1.7$, $p > .10$. La définition des objets non appréhendables (81%) comporte plus souvent une

référence à une caractéristique perceptive que celle du bonhomme (13%), $F(4,328) = 87.4, p < .01$. Une comparaison entre les objets manipulables et non manipulables a été réalisée dans chaque groupe d'enfants. Les objets non manipulables sont définis moins souvent avec des attributs perceptifs que les objets manipulables par les enfants déficients visuels, $F_s(1,82) > 7, p_s < .01$, comme ils ont également tendance à l'être par les enfants voyants, $F(1,82) = 3.3, p = .07$.

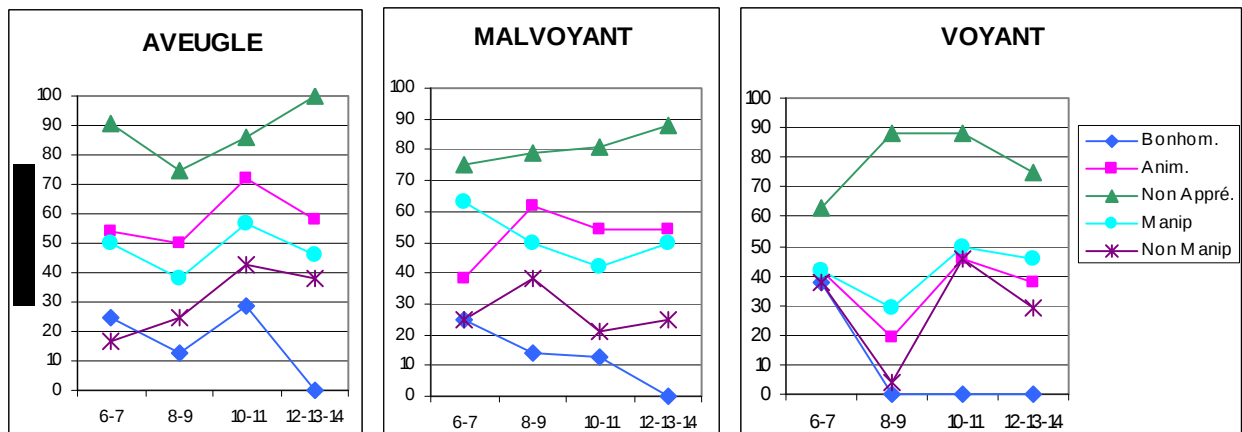


Figure 78 : Taux de présence d'une définition sans référence explicite à des caractéristiques perceptives de l'objet en fonction de l'âge et du type d'objet chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

▪ Définition par évidence perceptive

La fréquence d'une définition par évidence perceptive en fonction de l'âge et du type d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants, est représentée dans la Figure 79.

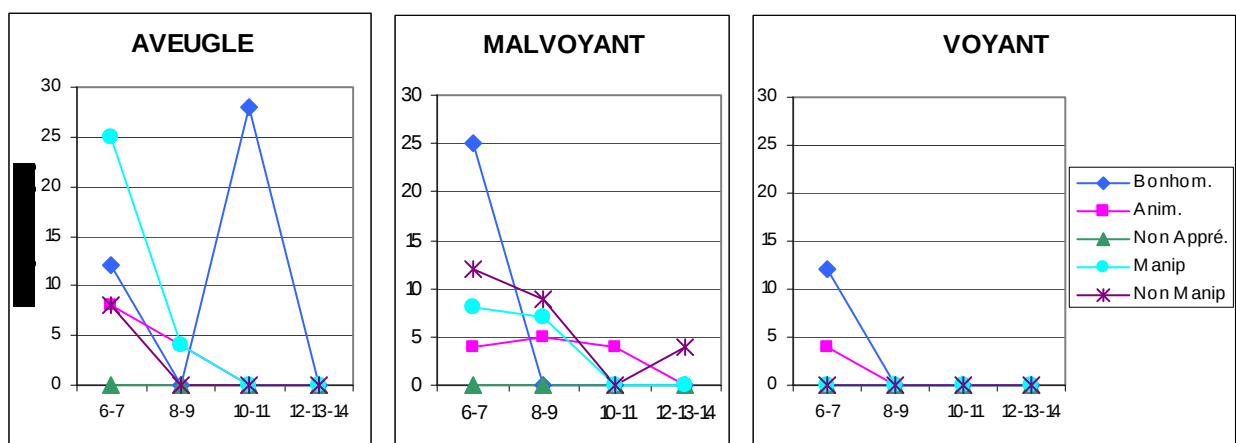


Figure 79 : Fréquence d'une définition par évidence perceptive en fonction de l'âge, du statut visuel des enfants et du type d'objets.

Bien que la définition d'un objet par évidence perceptive soit assez rare, on observe une diminution de ce type de définition avec l'âge, $F(3,82) = 3.1, p < .05$. Mais lorsque l'on considère les groupes d'enfants séparément, aucune différence entre les âges n'apparaît chez les enfants aveugles, $t_s(14) < 1.3, p_s > .15$, chez les enfants malvoyants, $t_s(14) < 1.3, p_s > .20$, ni chez les enfants voyants, $t_s(14) < 1.3, p_s > .20$.

Les trois groupes d'enfants ne diffèrent pas significativement entre eux, $F(2,82) = 1.4$, $p > .20$. Ce type de définition est utilisé surtout pour le bonhomme et jamais pour les objets non appréhendables. Une comparaison réalisée entre les objets non manipulables et manipulables révèle que les objets manipulables sont plus souvent définis par évidence perceptive que les objets non manipulables uniquement chez les enfants aveugles, $F(1,82) = 4.1$, $p < .05$ ($F_s(1,82) < 1.1$, $p_s > .20$ pour les malvoyants et voyants).

- Définition faisant référence à une caractéristique perceptive (visuelle, tactile, auditive, gustative, olfactive) de l'objet

Les analyses ne révèlent pas d'effet de l'âge quel que soit le type de perception, $F_s(3,82) < 2.1$, $p_s > .10$. La fréquence d'une définition faisant référence à une caractéristique perceptive (visuelle, tactile, auditive, gustative, olfactive) de l'objet chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants est présentée dans la Figure 80.

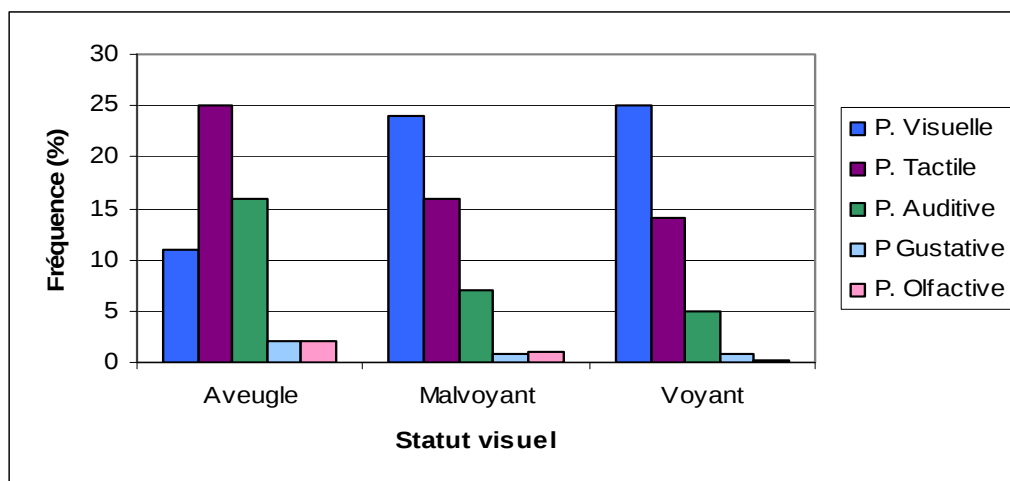


Figure 80 : Fréquence d'une définition faisant référence à une caractéristique perceptive (visuelle, tactile, auditive, gustative, olfactive) de l'objet, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Les définitions des enfants voyants et malvoyants se distinguent de celles des enfants aveugles. Un effet du statut visuel est mis en évidence pour les perceptions tactile, visuelle et auditive, $F_s(2,82) > 5$, $p_s < .01$. Les enfants malvoyants et voyants définissent plus fréquemment les objets par leurs caractéristiques visuelles que les enfants aveugles. A l'inverse, les enfants aveugles font davantage référence à des caractéristiques tactiles et auditives que les enfants voyants et malvoyants. Ainsi, les enfants voyants et malvoyants font appel en premier lieu à des caractéristiques visuelles (respectivement 25% et 24%), puis à des caractéristiques tactiles (14% et 16%), et à des caractéristiques auditives (5% et 7%). Les enfants aveugles, pour leur part, font référence en premier lieu à des caractéristiques tactiles des objets (25%), puis à des caractéristiques auditives (16%) et à des caractéristiques visuelles (11%). En ce qui concerne la perception visuelle, on relève que dans 50%

des cas, les enfants aveugles évoquent le nom de la couleur de l'objet sans se tromper, dans 32,5 % ils décrivent des caractéristiques visuelles (lumière, éblouissant, brillant, transparent) et enfin dans 17,5% des cas, ils évoquent la couleur sans la nommer (par exemple, « *les poissons ont plein de couleurs différentes...* ». On observe un résultat semblable chez les enfants malvoyants puisque dans 50,5% des cas, ils nomment la couleur sans se tromper, dans 36% des cas, ils décrivent des caractéristiques visuelles (lumière, transparent, clair/foncé, brillant, ombre, éblouissant) et dans 13,5% des cas ils évoquent la couleur sans la nommer. Les enfants voyants évoquent également souvent le nom des couleurs sans faire d'erreur (55%), puis citent la couleur sans la nommer (30%). Ce sont les caractéristiques visuelles telles que la lumière, la transparence et la brillance qu'ils décrivent le moins fréquemment (15%). Enfin, aucun effet du statut visuel n'apparaît pour les perceptions olfactive et gustative, $F_s(2,82) < 1.7$, $p_s > .10$, pratiquement jamais évoquées.

La fréquence d'au moins une référence à des caractéristiques visuelles, tactiles, auditives, olfactives et gustatives dans la définition du bonhomme (Bonhom.), des animaux (Anim.), des objets non appréhendables (Non Appré.), manipulables (Manip.) et non manipulables (Non Manip.), chez les enfants aveugles, malvoyants, voyants est présentée dans la Figure 81.

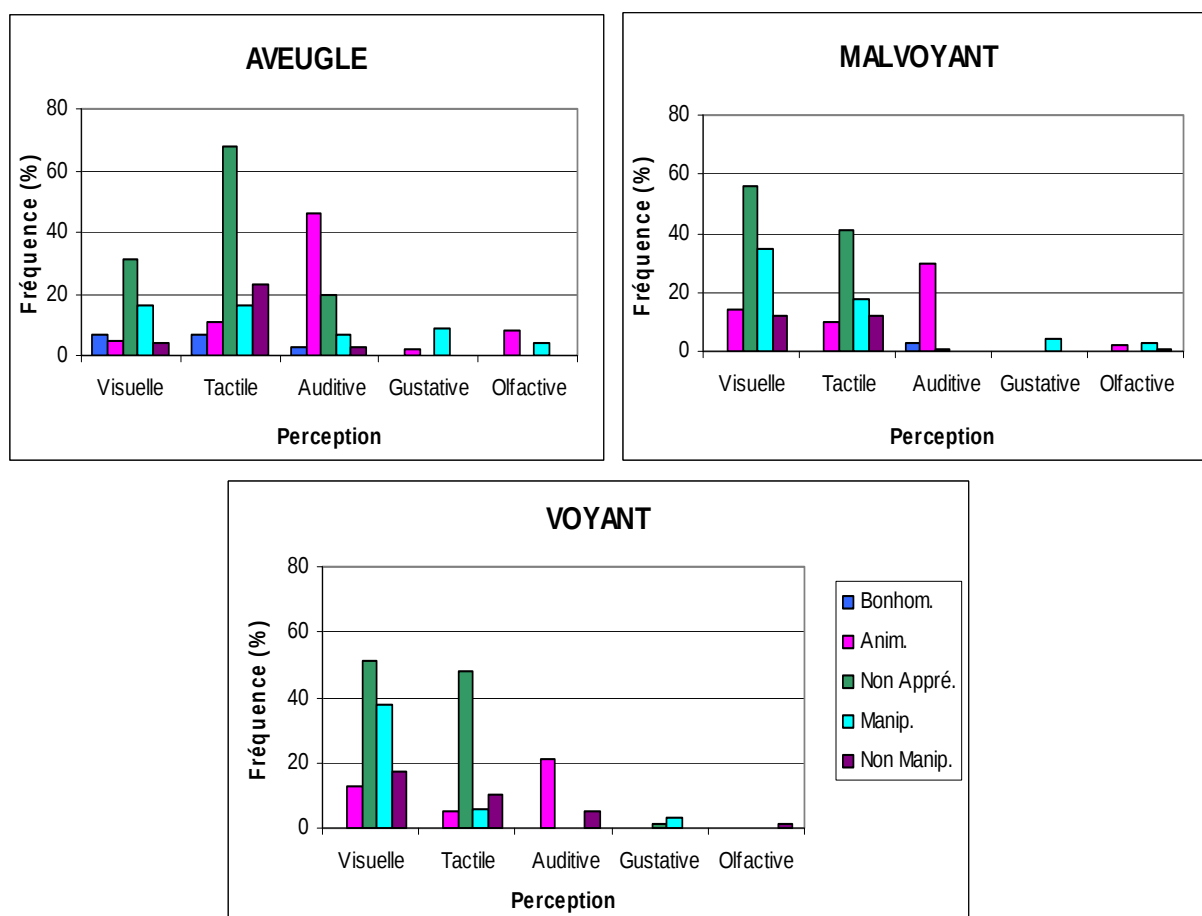


Figure 81 : Fréquence d'une référence aux différentes caractéristiques perceptives, en fonction des objets chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Les analyses statistiques révèlent un effet du type d'objets pour toutes les perceptions sauf pour la perception olfactive, $F_s(4,328) > 12$, $p_s < .01$. Les références à une caractéristique visuelle concernent davantage les objets non appréhendables (46%) et les objets non manipulables (30%) que les autres objets. De même, les références à la perception tactile concernent plus souvent les objets non appréhendables (52%) et très peu le bonhomme et les animaux (<8%). Seuls les objets non manipulables, et plus particulièrement la banane, sont définis par des caractéristiques gustatives (5%). Enfin, les caractéristiques auditives sont utilisées essentiellement pour définir les animaux (32%). Un effet d'interaction entre le statut visuel et l'objet est mis en évidence pour la perception tactile, auditive et visuelle : les enfants aveugles font référence plus souvent aux caractéristiques tactiles lors de la description des objets non appréhendables que les enfants malvoyants et voyants, $F(8,328) = 2.3$, $p < .05$. De plus, seuls les enfants aveugles font appel à la perception auditive dans la définition des objets non appréhendables (20%) et plus précisément pour décrire la pluie (*ça fait du bruit ; on peut l'entendre tomber dehors ; quand l'eau est trop lourde, elle tombe, « plouc plouc »...*), $F(8,328) = 4.6$, $p < .01$. A l'inverse, les enfants malvoyants et voyants énoncent davantage de caractéristiques visuelles pour définir les objets non appréhendables que les enfants aveugles, $F(8,328) = 2.1$, $p < .05$.

1.2. De quelles manières est défini l'objet ?

▪ Définition par défaut ou par comparaison

L'évolution avec l'âge de la fréquence d'une définition par défaut ou par comparaison, en fonction du type d'objets, pour les enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 82.

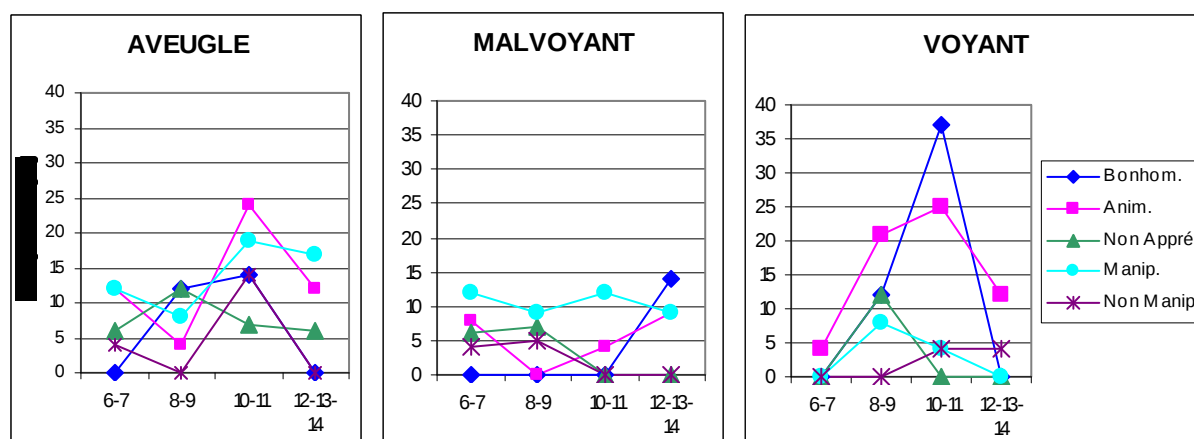


Figure 82 : Evolution avec l'âge d'une définition par défaut ou par comparaison en fonction du type d'objets chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Comme nous pouvons le voir sur la Figure 82, les définitions par défaut sont peu fréquentes. Aucun effet de l'âge n'est mis en évidence, $F(3,82) = 2.1$, $p > .10$. En revanche, lorsque l'on s'intéresse aux différents groupes séparément, des différences avec l'âge apparaissent chez les enfants voyants

uniquement. En effet, les définitions par défaut ou par comparaison augmentent jusqu'à 10-11 ans (14%), $t(14) = -3.5$, $p < .01$, puis diminuent à 12-13-14 ans (3%), $t(14) = 2.7$, $p < .05$. Les analyses ne révèlent pas non plus d'effet significatif du statut visuel, $F(2,82) = 1.6$, $p > .20$. Les objets non manipulables (3%) sont moins souvent définis par défaut ou par comparaison que les animaux (11%), $F(4,328) = 3.4$, $p < .01$. Une comparaison entre les objets animés (bonhomme et animaux) et non animés (les autres objets) établit que les objets animés sont définis par comparaison ou par défaut plus souvent que les objets non animés uniquement chez les enfants voyants, $F(1,81) = 9$, $p < .01$ ($F_s(1,81) < 1.2$, $p_s > .20$ chez les enfants déficients visuels).

▪ Référence au contexte dans lequel se trouve l'objet

L'occurrence de référence au contexte lors de la définition des différents types d'objets, en fonction de l'âge, chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 83.

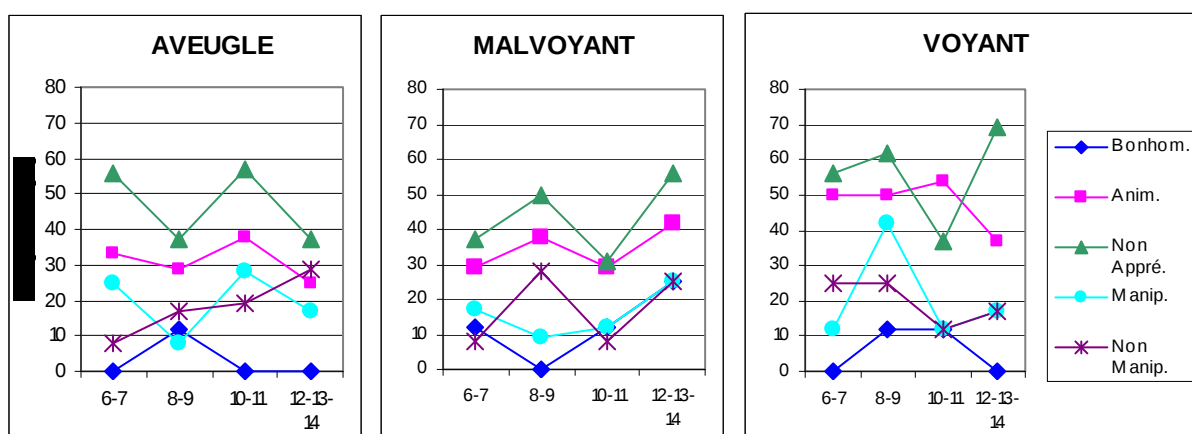


Figure 83 : Evolution avec l'âge d'une référence au contexte lors de la définition des différents types d'objets, chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Les analyses statistiques ne révèlent pas d'effet de l'âge, $F(3,82) < 1$, ni du statut visuel, $F(2,82) = 1.1$, $p > .30$. La fréquence d'une référence au contexte est d'en moyenne 26%. Un effet de l'objet montre que les définitions des objets non appréhendables (49%) et des animaux (38%) sont celles où est décrit le plus fréquemment le contexte de l'objet. A l'inverse, le contexte dans lequel on trouve le bonhomme est peu souvent cité (7%), $F(4,328) = 45$, $p < .01$.

▪ Référence à la fonction de l'objet

L'évolution avec l'âge d'une référence à la fonction de l'objet en fonction du statut visuel pour les différents types d'objets est présentée dans la Figure 84.

Définir la fonction de l'objet devient de plus en plus fréquent avec l'âge (passant de 21% à 6-7 ans à 30% à 12-13-14 ans), $F(3,82) = 2.7$, $p < .01$. Cette augmentation entre 6-7 ans et 12-13-14 ans est confirmée chez les enfants malvoyants, $t(14) = -2.2$, $p < .05$, et voyants, $t(14) = -3.4$, $p < .01$ mais pas

chez les enfants aveugles, $t(14) = -1.6$, $p > .10$. Aucun effet du statut n'est observé, $F(2,82) < 1$. Ce sont les objets inanimés (non manipulables : 42% et manipulables : 60%) qui sont le plus souvent définis par leur fonction, contrairement aux objets appréhendables et aux objets animés, notamment au bonhomme qui n'est jamais défini par sa fonction, $F(4,328) = 129.6$, $p < .01$. Les objets manipulables sont plus souvent définis par leur fonction que les objets non manipulables uniquement chez les enfants déficients visuels, $F_s(1,82) > 16.1$, $p_s < .01$ ($F(1,82) < 1$ chez les enfants voyants), bien que cette différence tende à diminuer avec l'âge chez les enfants déficients visuels.

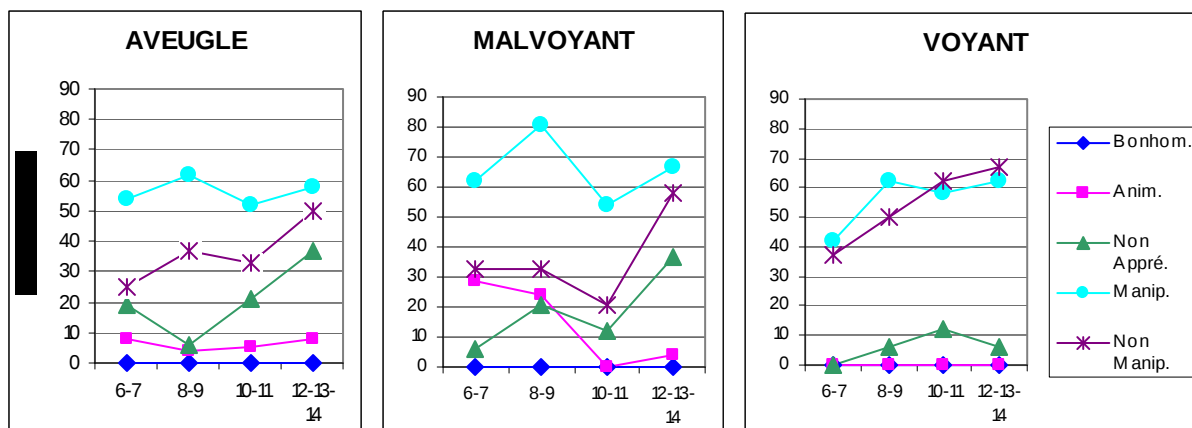


Figure 84 : Evolution avec l'âge de la fréquence d'une référence à la fonction de l'objet dans les descriptions de différents types d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

▪ Référence aux propriétés de l'objet

La fréquence de référence aux propriétés des objets dans leur définition est présentée dans la Figure 85, en fonction de l'âge et du statut visuel.

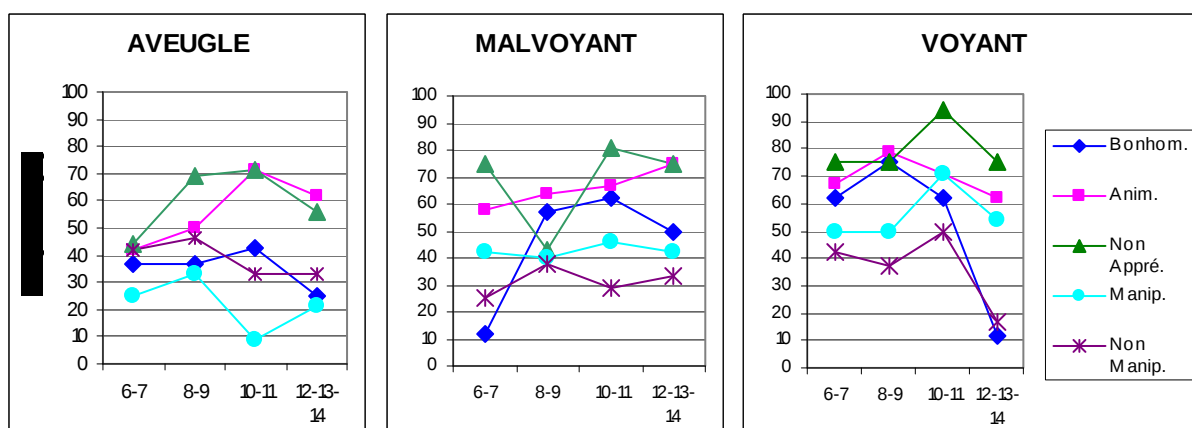


Figure 85 : Evolution avec l'âge de la présence d'une référence aux propriétés dans la description de différents types d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Le pourcentage de référence aux propriétés de l'objet est d'en moyenne 51% et ne diffère pas significativement avec l'âge, $F(3,82) = 2$, $p > .10$, bien qu'une diminution entre 10-11 ans et 12-13-14

ans soit mise en évidence chez les enfants voyants, $t(14) = 3.9$, $p < .01$. Les enfants voyants définissent souvent les objets par leurs propriétés (59%), alors que les enfants aveugles sont ceux qui les définissent le moins fréquemment de cette manière (42%), $F(2,82) = 6.2$, $p < .01$. Les animaux (64%) et les objets non appréhendables (69%) sont plus fréquemment définis par leurs propriétés que les autres objets ($<45\%$), $F(4, 328) = 17.8$, $p < .01$. Les objets non manipulables sont plus souvent définis par leurs propriétés que les objets manipulables chez les enfants aveugles, $F(1,82) = 5.2$, $p < .01$, tandis que c'est l'inverse chez les enfants voyants, $F(1,82) = 7.9$, $p < .01$. Aucune différence entre ces objets n'est mise en évidence chez les enfants malvoyants, $F(1,82) = 2.4$, $p > .10$, bien qu'ils présentent une tendance identique à celle des enfants voyants.

■ Définition par conceptualisation de l'objet

La Figure 86 présente le pourcentage de définition par conceptualisation en fonction de l'âge et des différents types d'objets chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

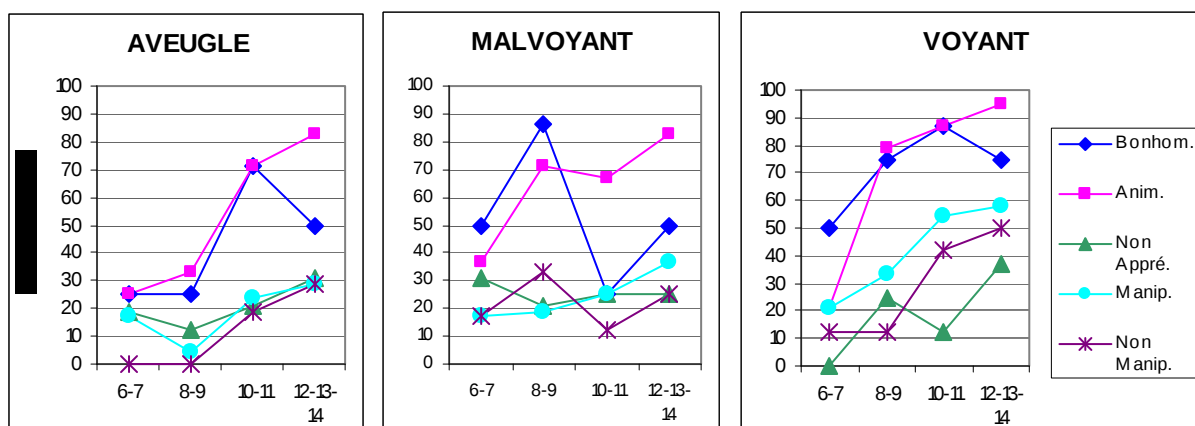


Figure 86 : Evolution avec l'âge de la présence d'une définition par conceptualisation lors de la description de différents types d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants, voyants.

Les définitions par conceptualisation augmentent avec l'âge, passant de 23% à 6-7 ans à 51% à 12-13-14 ans, $F(3,82) = 6$, $p < .01$. La différence entre ces âges est confirmée chez les enfants voyants, $t(14) = -3.7$, $p < .01$, et chez les enfants aveugles, $t(14) = -2.2$, $p < .05$. En revanche, ce n'est pas le cas chez les malvoyants, $t(14) < -1$, $p > .90$. Par ailleurs, les définitions par conceptualisation sont plus fréquentes chez les enfants voyants (46%) que chez les enfants aveugles (29%), $F(2,82) = 4$, $p < .05$. Elles sont également plus présentes pour les objets animés (bonhomme : 56% et animaux : 63%) que pour les autres objets ($<28\%$), $F(4,328) = 47.8$, $p < .01$. Enfin, un effet d'interaction entre l'âge et le type d'objets indique qu'il n'y a pas de différences entre les objets à 6-7 ans, alors qu'à partir de 8-9 ans, les définitions par conceptualisation sont plus fréquentes pour le bonhomme et les animaux que pour les autres objets, $F(12,328) = 2.6$, $p < .01$.

- Intrusion de l'expérience personnelle dans les définitions

La Figure 87 présente la fréquence de définitions contenant une expérience personnelle, en fonction de l'âge et des différents types d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

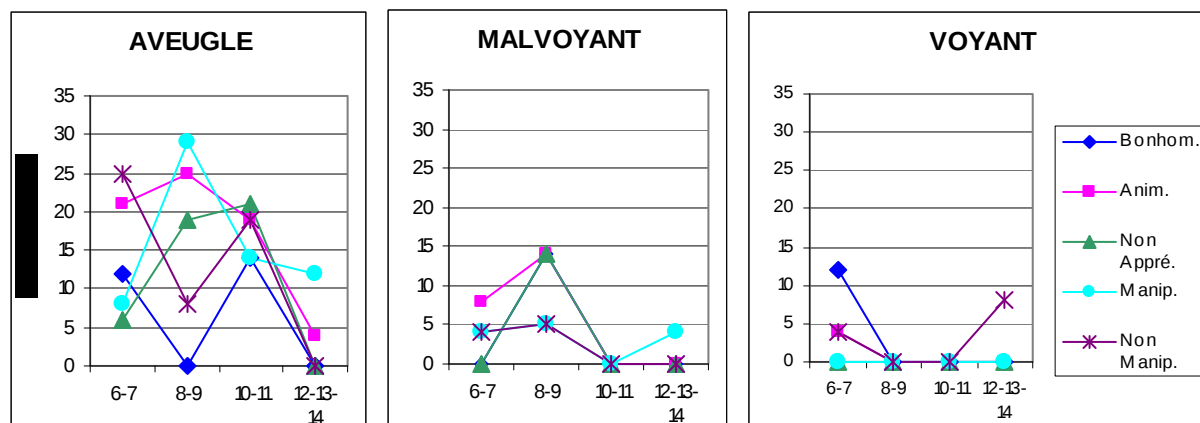


Figure 87 : Evolution avec l'âge de la présence d'une référence à une expérience personnelle lors de la description de différents types d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Aucun effet de l'âge n'apparaît, $F(3,82) < 1$, ni du type d'objets, $F(4,328) < 1$. L'intrusion de l'expérience personnelle dans la définition des objets est assez rare ($M = 4\%$). Seul un effet du statut visuel émerge, indiquant que les enfants aveugles (13%) font davantage référence à leurs expériences dans la définition des objets que ne le font les enfants malvoyants (4%) et voyants (1%), $F(2,82) = 11.7$, $p < .01$. Toutefois, nous pouvons voir sur la Figure 87, qu'à 12-13-14 ans, les enfants aveugles ne font presque plus de référence à leurs expériences personnelles, tout comme les enfants malvoyants et voyants.

- Description des constituants de l'objet ou d'éléments

La fréquence de description des constituants de l'objet ou d'éléments en fonction de l'âge et du type d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 88.

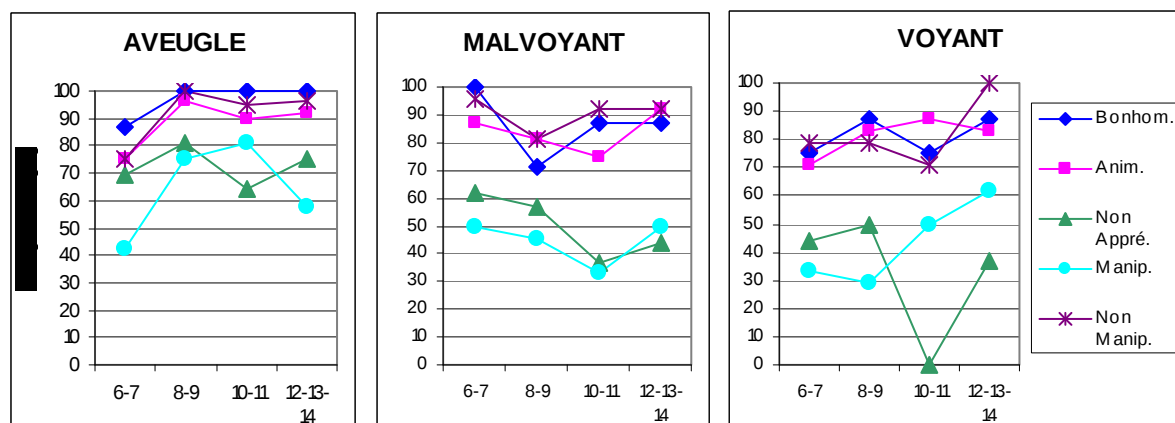


Figure 88 : Evolution avec l'âge d'une référence à plusieurs éléments ou constituants d'un objet dans la description de différents types d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Décrire des éléments ou des constituants de l'objet est assez fréquent ($M = 72\%$) et cela ne diffère pas en fonction de l'âge des enfants, $F(3,82) < 1$. Les enfants aveugles (82%) font davantage la liste des constituants que les enfants malvoyants (71%) et voyants (64%), $F(2,82) = 7.8$, $p < .01$. Ce sont les objets non appréhendables (52%) et manipulables (51%) qui sont le moins souvent définis de cette manière, $F(4,324) = 60.9$, $p < .01$. Un effet d'interaction entre l'âge et le type d'objets, $F(12,328) = 1.9$, $p < .05$, indique qu'entre 6 à 9 ans, les objets non appréhendables sont le moins fréquemment définis par leurs constituants, tandis qu'après, il s'agit des objets manipulables. Enfin, les enfants voyants définissent moins souvent les objets non appréhendables et manipulables par leurs constituants que les enfants aveugles, $F(8, 328) = 2.6$, $p < .01$.

■ Nombre d'éléments cités

Les données pour les objets non appréhendables étant peu nombreuses, elles n'ont pas été prises en compte dans l'analyse. Le nombre d'éléments cités, en fonction de l'âge et du type d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants, est indiqué dans la Figure 89.

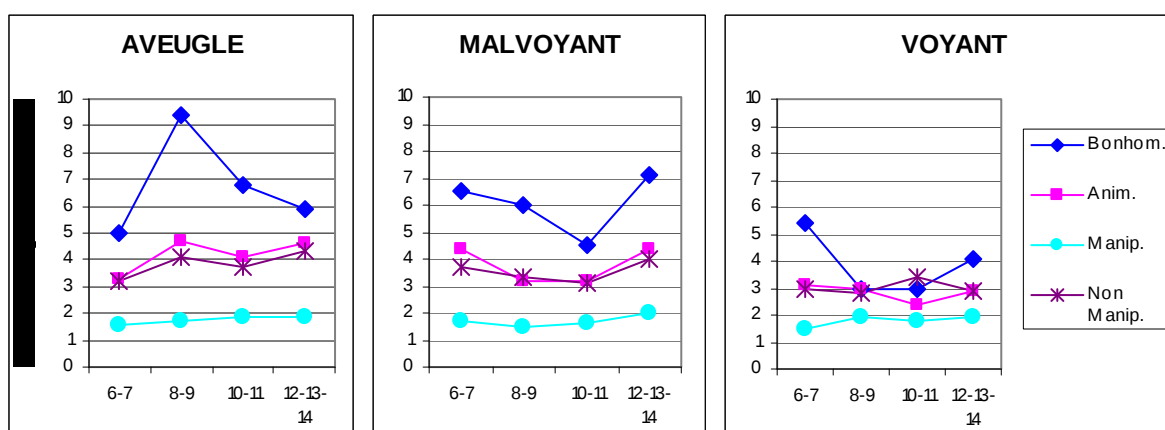


Figure 89 : Nombre moyen d'éléments cités lors de la description de différents objets, en fonction de l'âge et du statut visuel des enfants.

Les enfants citent en moyenne entre 3,3 et 3,8 éléments. Aucune différence entre les âges n'est mise en évidence, $F(3,60) < 1$. Ce sont les enfants aveugles qui citent le plus d'éléments ($M = 4.1$) et les enfants voyants qui en citent le moins ($M = 2.9$), $F(2,60) = 6.8$, $p < .01$. La description du bonhomme comporte le nombre le plus important d'éléments ($M = 5.6$) et celle des objets non manipulables le nombre le moins important ($M = 1.8$), $F(3,180) = 61.9$, $p < .01$. Les enfants aveugles citent plus d'éléments que les enfants voyants uniquement pour la description du bonhomme, $F(6, 180) = 3.5$, $p < .01$.

L'examen des éléments cités ne fait pas apparaître beaucoup de différences entre les enfants aveugles, malvoyants et voyants. Chez tous les enfants, ce sont les mêmes éléments qui sont les plus souvent cités lors de la description du bonhomme (la tête, les bras et les jambes), de l'arbre (les branches, le

tronc et les feuilles), de la maison (les fenêtres, le toit désigné par le mot *toit* ou *triangle*, le corps de la maison désigné par le mot *carré*, *rectangle* ou *murs*, et la porte). Pour la description du lit, tous les enfants mentionnent les couvertures (= *couette* ou *drap*). En revanche, les enfants malvoyants et voyants vont citer majoritairement le matelas, tandis que les enfants aveugles font davantage référence au sommier (= lattes ou planche) qu'au matelas. Tous les enfants évoquent d'abord les nageoires lors de la description du poisson, puis les écailles, la queue et les yeux pour les enfants malvoyants et voyants et la queue, les yeux et les écailles pour les enfants aveugles. Le chien est fréquemment décrit par ses pattes, ses poils, par tous les enfants. Les enfants malvoyants et aveugles font également souvent référence à la tête du chien. Enfin, pour la description de l'oiseau, ce sont les ailes, le bec et les plumes qui sont les plus fréquemment énoncés.

Analysons maintenant les dessins produits par ces enfants de ces mêmes objets.

2. Analyse des dessins d'objets familiers

Des ANOVAS avec l'Age des sujets (4 : 6-7, 8-9, 10-11, 12-13-14 ans), le Statut visuel (3 : aveugle, malvoyant, voyant) comme facteurs inters-sujets et le type d'Objets (5 : bonhomme, objets non manipulables, non appréhendables, manipulables, animaux) comme facteur intra-sujets ont été effectuées pour les différentes variables mesurées. Quand cela semblait s'imposer, des tests de Student ont été réalisés dans chaque groupe d'enfants (aveugle, malvoyant, voyant). Nous nous intéresserons tout d'abord à la nature des productions graphiques (dessin vs gribouillage), puis nous analyserons les dessins (à travers le positionnement dans l'espace, la qualité des dessins et le point de vue privilégié) et la correspondance entre la production graphique et le niveau sémantique.

2.1. Nature des productions graphiques (dessin ou gribouillage)

La Figure 90 représente l'évolution avec l'âge de la production de dessins en fonction du type d'objets, chez des enfants non voyants, malvoyants et voyants.

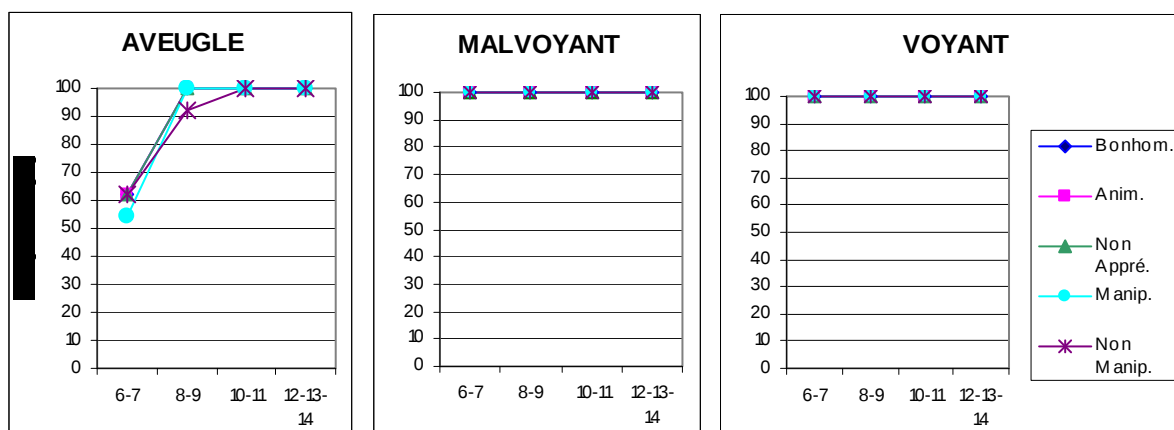
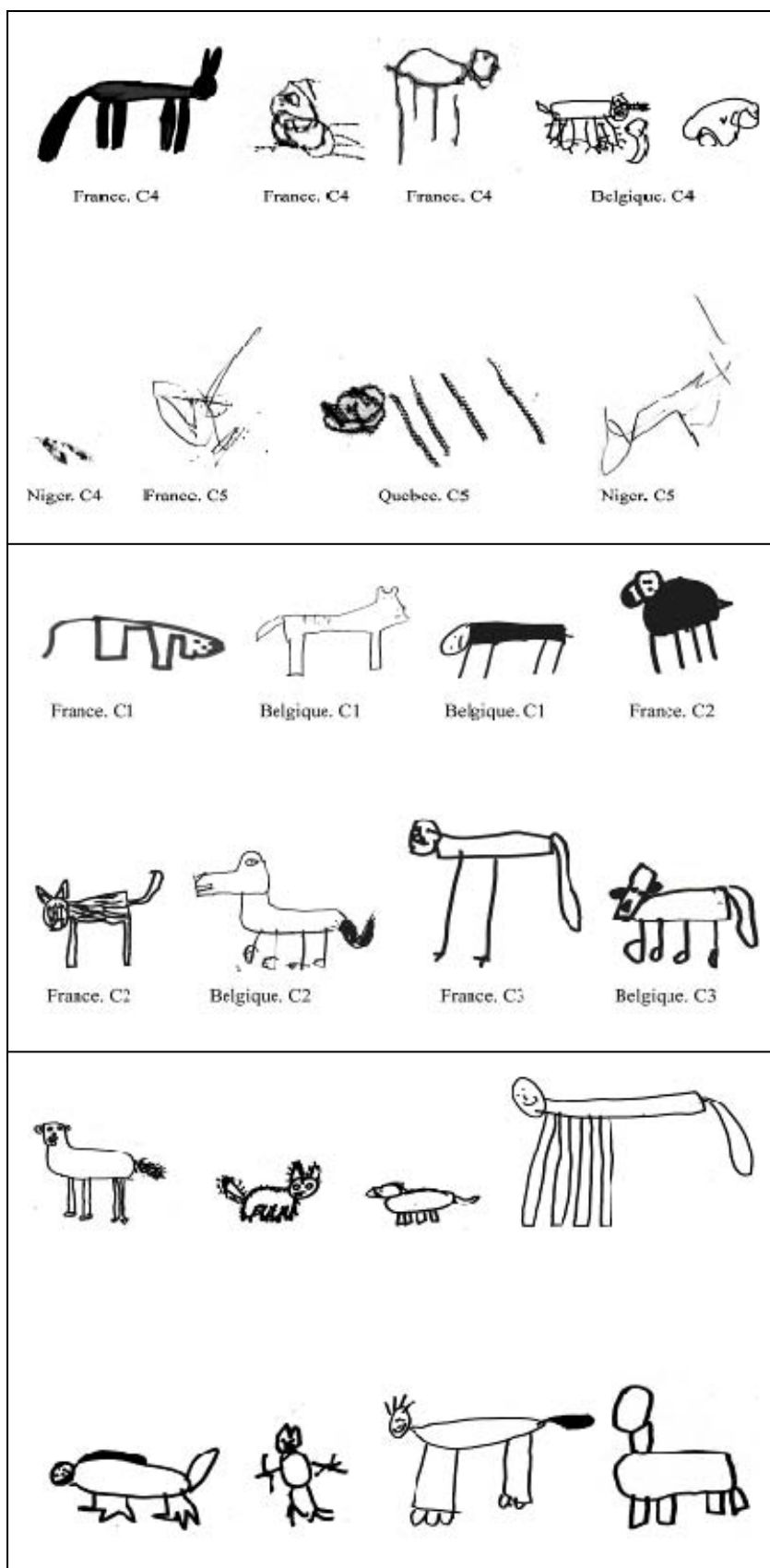


Figure 90 : Evolution avec l'âge de la production de dessins en fonction du type d'objets chez des enfants non voyants, malvoyants et voyants.

Comme le montre la Figure 90, la production de dessins augmente entre 6-7 et 8-9 ans, âge à partir duquel les enfants ne produisent plus aucun gribouillage, $F(3,83) = 4.6$, $p < .01$. Cette augmentation est observée seulement chez les enfants aveugles, les enfants malvoyants et voyants produisant uniquement des dessins à tous les âges, comme en témoigne l'effet d'interaction entre l'âge et le statut visuel, $F(6,83) = 4.6$, $p < .01$. La production de dessins est donc plus fréquente chez les enfants malvoyants et voyants (100%) que chez les enfants aveugles (90%), $F(2,83) = 5$, $p < .01$, comme on peut le constater dans la Figure 91, qui présente les dessins du chien réalisés par les enfants aveugles, malvoyants et voyants de 6-7 ans (de haut en bas). Parmi les gribouillages produits, 53% sont des tracés au hasard, 38% possèdent des tracés avec une directionnalité cohérente avec l'objet et 36% ont une amplitude attendue vue la taille de l'objet.



AVEUGLES

MALVOYANTS

VOYANTS

Figure 91: Dessins du chien réalisés par les enfants aveugles, malvoyants et voyants de 6-7 ans

2.2. Analyse des dessins

2.2.1. Positionnement dans l'espace

- Respect des conventions (haut de la feuille = haut de l'objet) :

L'évolution avec l'âge du respect des conventions en fonction du statut visuel est présentée dans la Figure 92.

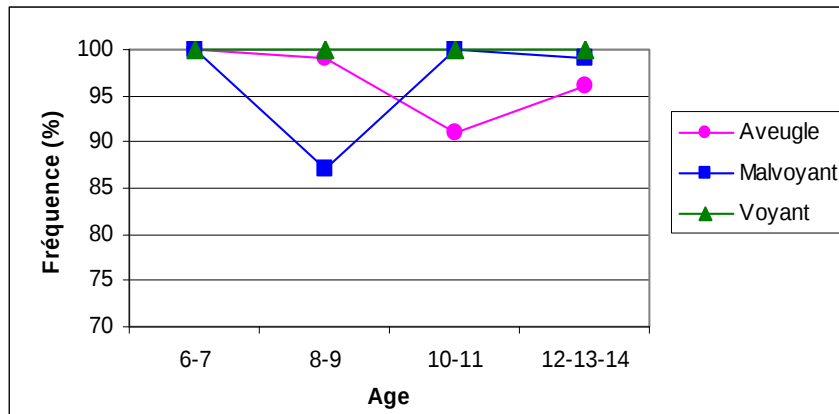


Figure 92 : Evolution avec l'âge du respect des conventions en fonction du statut visuel.

Indépendamment du type d'objets, les conventions sont quasiment toujours respectées quel que soit l'âge des sujets ($> 97\%$), $F(3,80) < 1$, et quel que soit leur statut visuel ($> 96\%$), $F(2,80) < 1$.

Pour les deux variables suivantes, les données concernant les objets non appréhendables (pluie et soleil) étant quasi inexistantes, elles n'ont pas été prises en compte dans l'analyse statistique.

- Présence d'erreurs de positionnement

La Figure 93 présente l'évolution avec l'âge de la présence d'erreurs de positionnement dans le dessin de différents types d'objets (bonhomme, objets non manipulables, objets manipulables, animaux) en fonction du statut visuel des enfants.

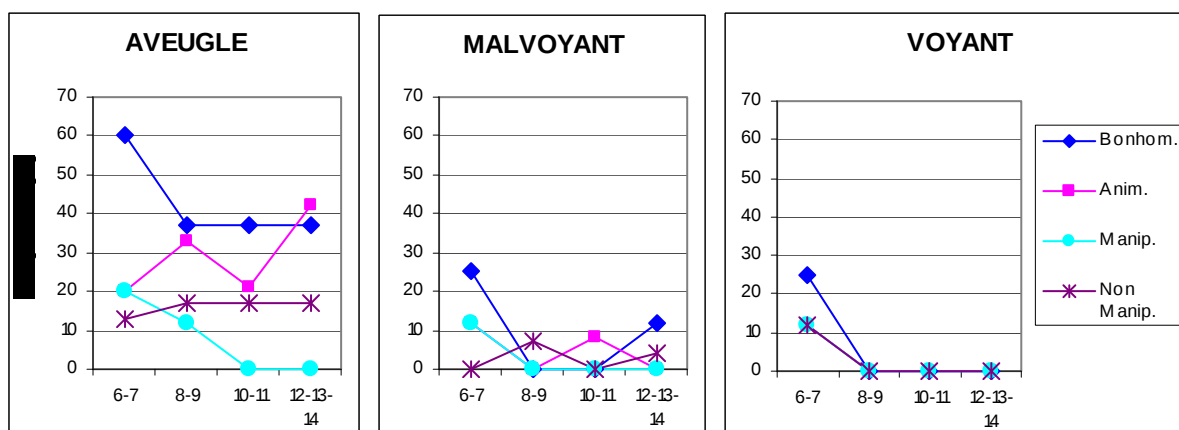


Figure 93 : Evolution avec l'âge de la présence d'erreurs de positionnement dans le dessin de différents types d'objets en fonction du statut visuel des enfants.

La fréquence des erreurs de positionnement a tendance à diminuer avec l'âge, essentiellement entre 6-7 ans et 8-9 ans (19 % vs 9%), $F(3,78) = 2.6, p=.05$. Cette diminution est confirmée chez les enfants voyants, $t(14) = 2.2, p<.05$, mais pas chez les enfants déficients visuels, $t_s(14)<1, p_s>.80$. Les erreurs de positionnement sont plus nombreuses dans le dessin des aveugles que dans celui des malvoyants et des voyants (24% vs 5% et 4%), $F(2,78) = 16, p<.01$. Par ailleurs, elles sont plus fréquentes pour le dessin du bonhomme (19%) et des animaux (12%) que pour celui des objets inanimés, qu'ils soient appréhendables par la main (5%) ou non (7%), comme l'indique l'effet du type d'objets, $F(3,234) = 6.5, p<.01$. Enfin, un effet d'interaction entre le type d'objets et le statut visuel révèle que cette différence entre les objets animés et inanimés est présente uniquement dans le dessin des aveugles, $F(6,234) = 3, p<.01$. De plus, les erreurs de positionnement pour le dessin du bonhomme sont significativement plus importantes dans les productions des enfants aveugles que dans celles des enfants malvoyants et voyants (43% vs 9% et 6%), $F(6,234)=3, p<.01$.

Ce résultat est illustré par la Figure 94 qui rapporte les dessins du bonhomme réalisés par des enfants aveugles, malvoyants et voyants de 8-9 ans (de haut en bas). Nous pouvons voir des erreurs de positionnement des bras et/ou des jambes dans le dessin de trois enfants aveugles (le dernier de la ligne du haut et les trois premiers dessins de la ligne du bas). De plus, dans le premier dessin de la deuxième ligne, les yeux, le nez et la bouche sont dessinés à l'intérieur du ventre du bonhomme. En revanche, les dessins des enfants malvoyants et voyants ne contiennent pas d'erreurs de positionnement.

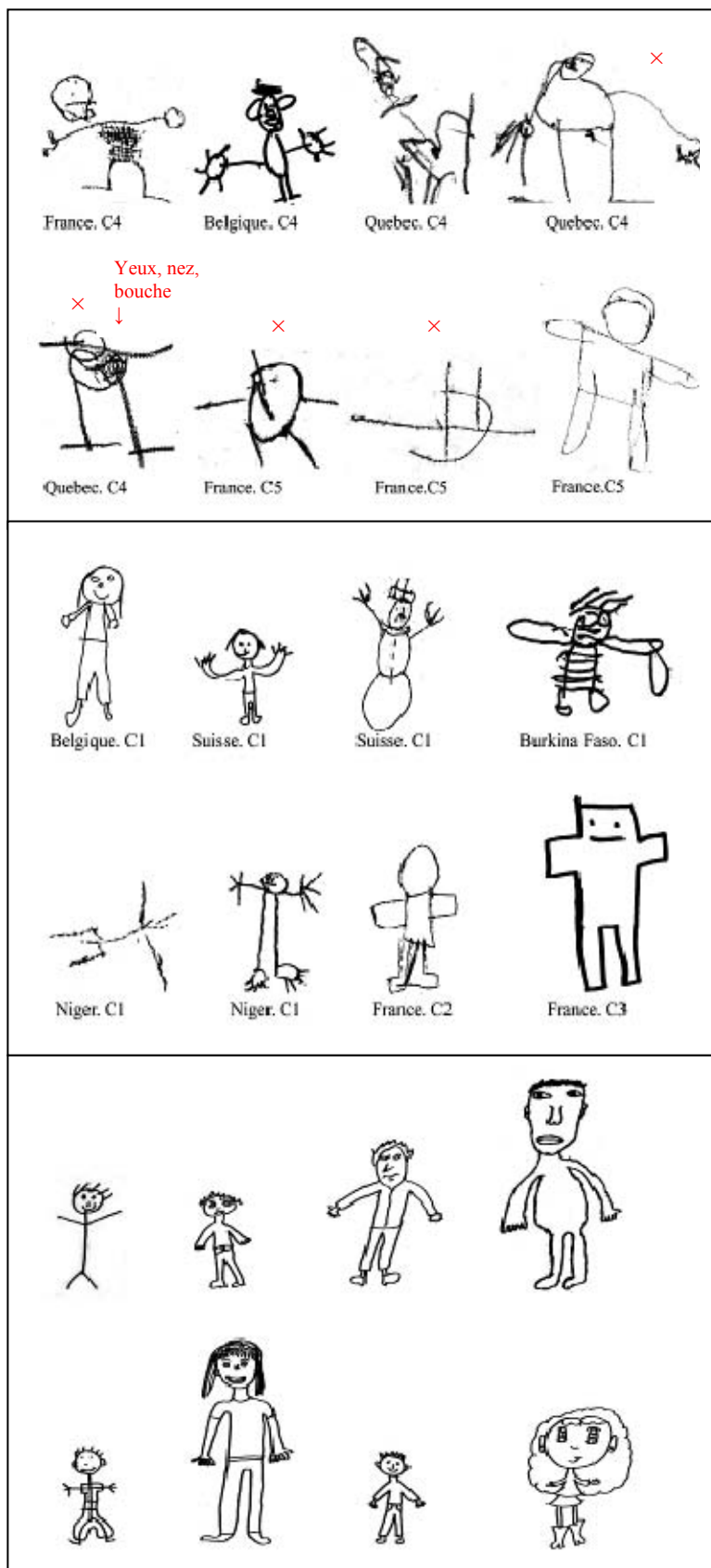


Figure 94 : Dessins du bonhomme réalisés par des enfants aveugles, malvoyants et voyants de 8-9 ans (de haut en bas).

▪ Positionnement par juxtaposition :

L'évolution avec l'âge des positionnements par juxtaposition dans les dessins du bonhomme, des animaux, des objets non manipulables et des objets manipulables, en fonction du statut visuel des enfants est présentée dans la Figure 95.

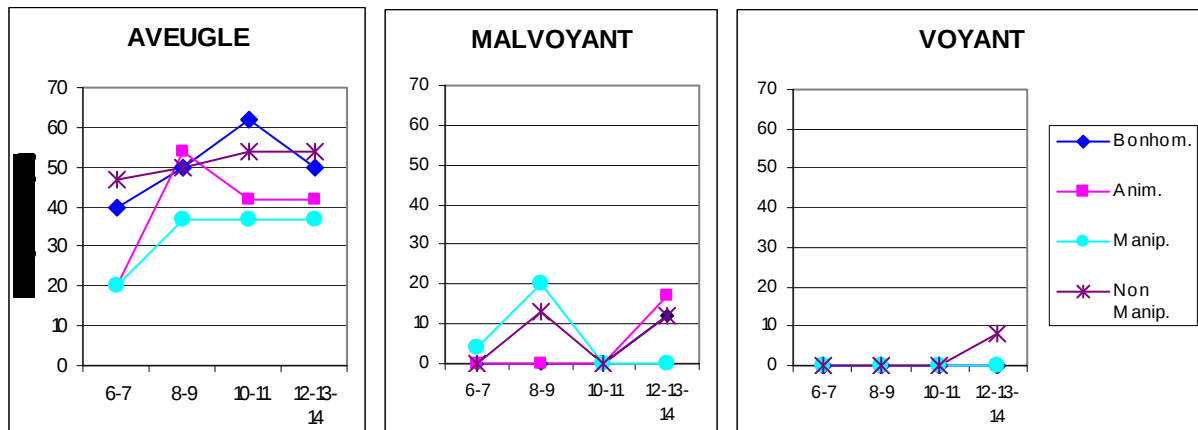


Figure 95 : L'évolution avec l'âge des positionnements par juxtaposition dans les dessins de différents types d'objets en fonction du statut visuel des enfants.

Aucun effet de l'âge, $F(3,78) < 1$, ni du type d'objets, $F(3,234) = 2$, $p > .10$, n'apparaît dans les analyses. Seul un effet du statut visuel émerge, montrant que le positionnement par juxtaposition est plus fréquent dans les dessins des enfants aveugles (43%) que dans ceux des malvoyants (5%) et voyants (0%), qui ne se différencient pas significativement entre eux, $F(1,50) = 27.6$, $p < .01$.

La Figure 96 qui présente les dessins du chien effectués par les enfants aveugles, malvoyants et voyants de 8-9 ans (de haut en bas), illustre ce résultat. Les 3^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} dessins réalisés par les enfants aveugles présentent un positionnement des pattes par juxtaposition. Aucun dessin réalisé par les enfants malvoyants et voyants ne contient de positionnement par juxtaposition.

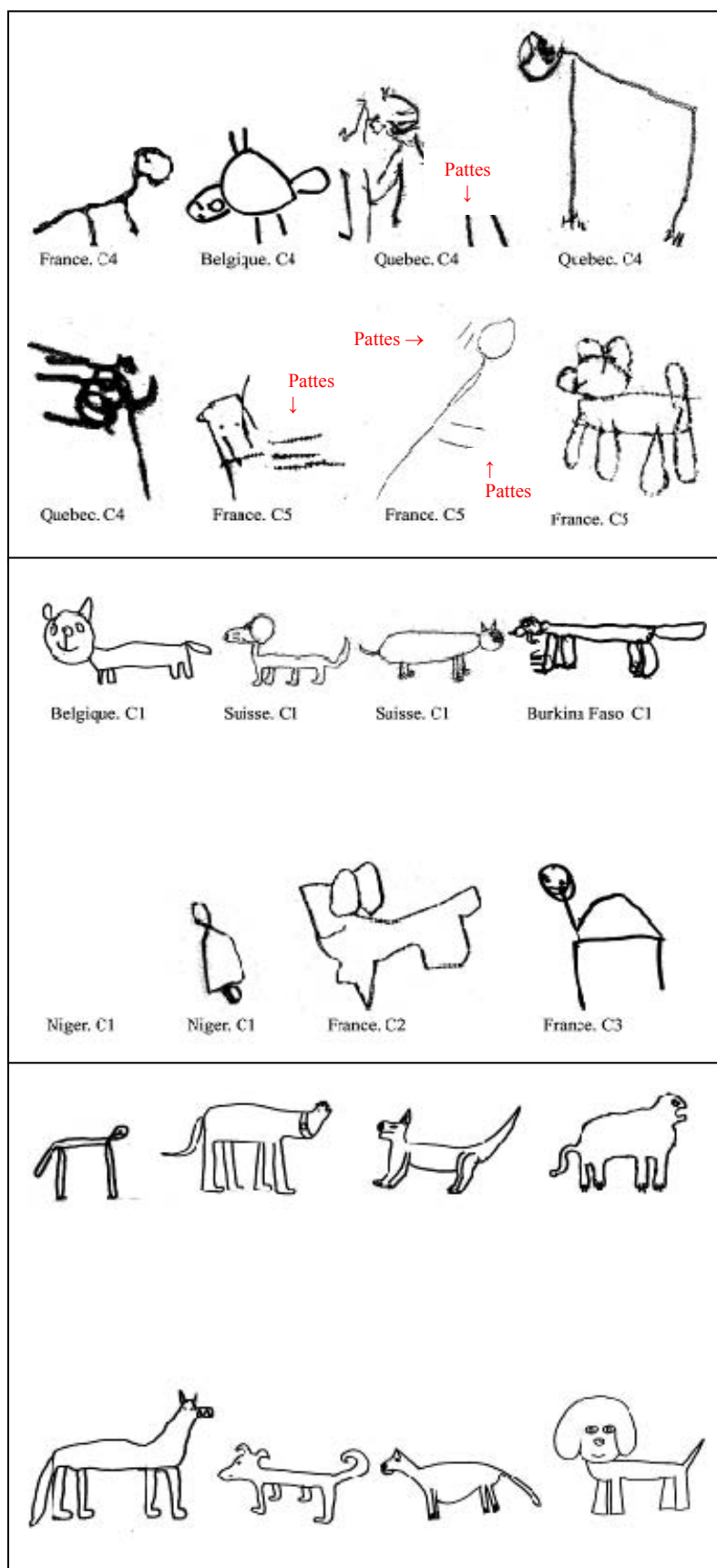


Figure 96 : Dessins du chien effectués par les enfants aveugles, malvoyants et voyants de 8-9 ans (de haut en bas).

2.2.2. Qualité des dessins

▪ Proportions adéquates :

Les données étant quasi inexistantes pour les objets non appréhendables (pluie et soleil), ces derniers n'ont pas été pris en compte dans l'analyse. La Figure 97 présente l'évolution avec l'âge de la présence de proportions adéquates dans les dessins du bonhomme, des animaux, des objets non manipulables et manipulables, en fonction du statut visuel des enfants.

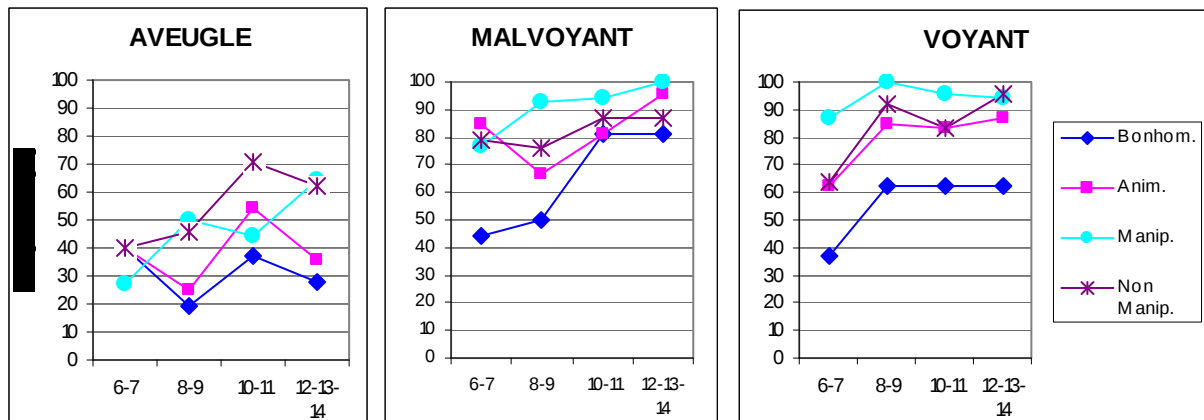


Figure 97: Evolution avec l'âge de la présence de proportions adéquates dans les dessins de différents types d'objets, en fonction du statut visuel des enfants.

Avec l'âge, les objets sont dessinés de plus en plus fréquemment avec des proportions adéquates (57% à 6-7 ans, 63% à 8-9 ans, 73% à 10-11 ans et 74% à 12-13-14 ans), $F(3,77) = 3.8$, $p < .05$. Néanmoins, aucune différence significative entre les plus jeunes et les plus âgés n'apparaît chez les enfants aveugles, $t(12) < -1$, $p > .30$. Chez les enfants malvoyants, les proportions correctes ont tendance à être plus fréquentes entre 6-7 ans (71%) et 12-13-14 ans (91%), $t(14) = -1.9$, $p = .07$. De même, chez les enfants voyants, les proportions adéquates augmentent entre 6-7 ans (63%) et 8-9 ans (85%), $t(14) = -2.3$, $p < .05$. Les proportions sont significativement plus adéquates dans les dessins des enfants malvoyants (80%) et voyants (79%) que dans ceux des enfants aveugles (43%), $F(2,77) = 29.6$, $p < .01$. Enfin, un effet du type d'objets indique que le bonhomme (50%) est moins souvent dessiné avec une proportion adéquate que les autres objets ($> 67\%$), $F(3,231) = 10.1$, $p < .01$. Cet effet de l'objet est présent chez les enfants malvoyants, $F(3,75) = 5.5$, $p < .01$, et chez les enfants voyants, $F(3,84) = 9.9$, $p < .01$, mais pas chez les enfants aveugles, $F(3,72) < 1$.

▪ Dessin reconnaissable sans aucune information sur la consigne donnée

La fréquence des dessins reconnaissables, sans avoir connaissance de la consigne donnée aux sujets, en fonction de l'âge et du type d'objet, chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 98.

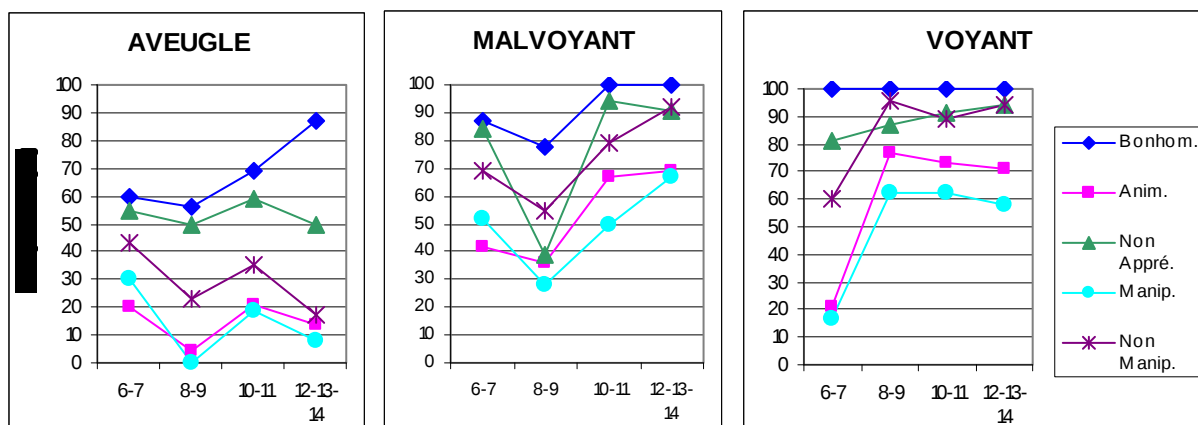


Figure 98 : Fréquence des dessins reconnaissables, sans avoir connaissance de la consigne donnée aux sujets, en fonction de l'âge et du type d'objet chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Lorsque les juges ne possèdent pas d'informations sur la consigne donnée à l'enfant, la fréquence de reconnaissance est plus importante chez les enfants plus âgés (passant de 53,5% à 6-7 et 8-9 ans à 67% à 10-11 et 12-13-14 ans), $F(3,80) = 3$, $p < .05$. Cette augmentation des dessins reconnaissables entre 6-9 ans et 10-14 ans est confirmée chez les enfants malvoyants (58,5% vs 50,5%), $t(30) = -2.6$, $p < .05$, mais pas chez les enfants aveugles (33,5% vs 37,5%), $t(22) < 1$. Chez les voyants, les dessins reconnaissables augmentent surtout entre 6-7 ans (56%) et 8-9 ans (84%), $t(14) = -4.9$, $p < .01$. Les dessins des enfants voyants (77%) et malvoyants (69%) sont plus souvent reconnus que ceux des aveugles (36%), $F(2,80) = 28.7$, $p < .01$. Toutefois, un effet d'interaction entre l'âge et le statut visuel montre qu'il n'y pas de différence entre les enfants voyants et aveugles à 6-7 ans, $F(6,80) = 2.4$, $p < .05$. L'objet pour lequel les dessins sont les plus souvent reconnus est celui du bonhomme (86%), puis ce sont les objets non appréhendables (73%). Les objets manipulables et les animaux sont ceux qui sont le moins fréquemment reconnus (respectivement 38% et 43%), $F(4,320) = 74.7$, $p < .01$. Un effet d'interaction tout juste significatif entre les objets et le statut visuel, $F(8,320) = 1.9$, $p = .05$, indique que les dessins les moins souvent reconnus chez les enfants aveugles concernent les animaux, les objets manipulables et les objets non manipulables alors qu'ils concernent uniquement les objets manipulables et les animaux chez les enfants malvoyants et voyants, les objets non manipulables étant bien reconnus. Par ailleurs, un effet d'interaction entre l'âge, le statut visuel et le type d'objets montre que les enfants aveugles âgés de 12-13-14 ans parviennent à produire des dessins du bonhomme qui sont aussi souvent reconnus que ceux des enfants malvoyants et voyants, alors que des différences existent aux autres âges entre ces groupes, $F(24,320) = 1.6$, $p < .05$.

▪ Dessin reconnaissable en disposant du titre

L'évolution avec l'âge de la production de dessins reconnaissables en disposant des titres, en fonction du type d'objets, est présentée dans la Figure 99 pour les enfants non voyants, malvoyants et voyants.

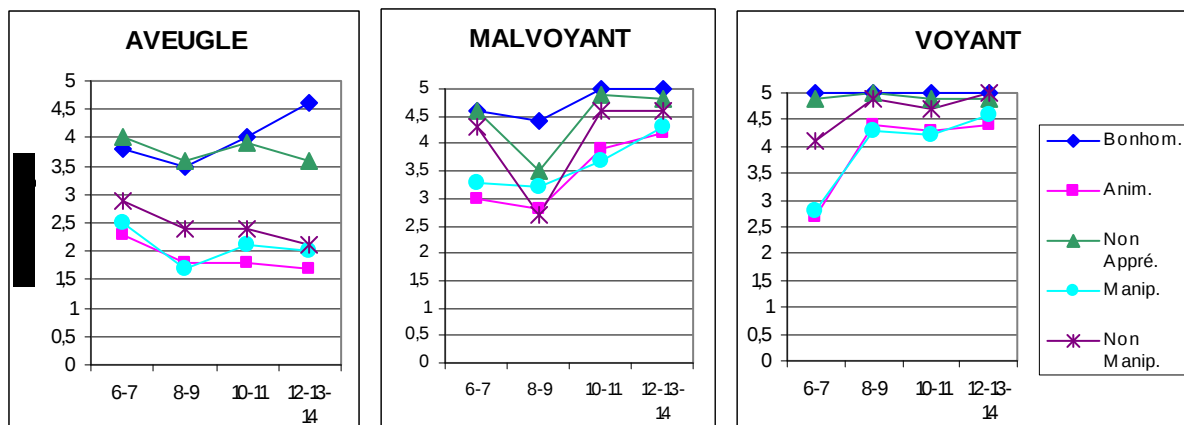


Figure 99 : Evolution avec l'âge de la production de dessins reconnaissables en disposant des titres en fonction du type d'objets chez des enfants non voyants, malvoyants et voyants.

On retrouve les mêmes résultats que précédemment lorsque les dessins sont évalués avec leur titre. Un effet tendanciellement significatif de l'âge est mis en évidence, les dessins étant davantage reconnaissables lorsque les enfants sont plus âgés (à partir de 10 ans, $M = 4$) que lorsqu'ils sont plus jeunes (de 6-7 ans et 8-9 ans, $M = 3,55$), $F(3,79) = 2,2$ $p = .08$. Comme précédemment, l'augmentation des dessins reconnaissables entre 6-9 ans et 10-14 ans est confirmée chez les enfants malvoyants ($M = 3,7$ vs $M = 4,5$), $t(30) = -3.1$, $p < .01$, mais pas chez les enfants aveugles ($M = 2,8$ vs $M = 2,9$), $t(27) < -1$, $p > .80$. Chez les voyants, les dessins reconnaissables augmentent surtout entre 6-7 ans ($M = 3,9$) et 8-9 ans ($M = 4,7$), $t(14) = -4.1$, $p < .01$. Le dessin des enfants voyants ($M = 4,5$) et malvoyants ($M = 4,1$) est plus fréquemment reconnaissable que celui des enfants non voyants ($M = 2,8$), $F(2,79) = 37.3$, $p < .01$. De même, le dessin du bonhomme et celui des objets non appréhendables sont davantage reconnaissables que celui des autres objets (respectivement $M = 4,6$ et $M = 4,4$), tandis que celui des objets manipulables et des animaux sont les moins bien reconnus (respectivement $M = 3,2$ et $M = 3,1$), $F(4,316) = 95.3$, $p < .01$. Comme précédemment, un effet d'interaction entre les objets et le statut visuel signale que les dessins les moins souvent reconnus chez les enfants aveugles concernent les animaux, les objets manipulables et les objets non manipulables alors qu'ils concernent uniquement les objets manipulables et les animaux chez les enfants malvoyants et voyants, les objets non manipulables étant bien reconnus, $F(8,316) = 6.5$, $p < .01$. Enfin, aucune différence n'apparaît entre les enfants malvoyants, voyants et aveugles à 12-13-14 ans pour le dessin du bonhomme, alors que des différences existent aux autres âges entre ces groupes, $F(24,316) = 2.4$, $p < .01$.

▪ Qualité artistique

La Figure 100 présente l'évolution avec l'âge de la qualité artistique des dessins en fonction du type d'objets et du statut visuel.

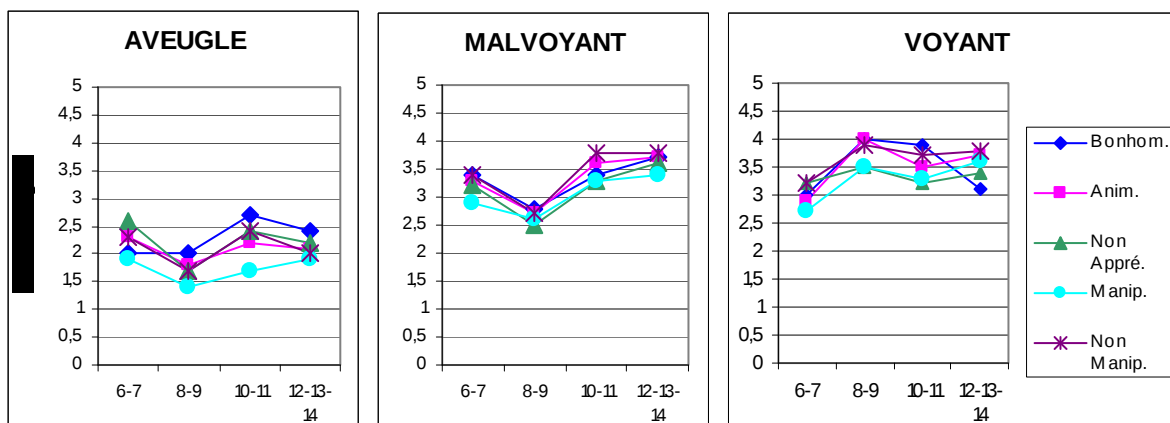


Figure 100 : Evolution avec l'âge de la qualité artistique des dessins en fonction du type d'objets et du statut visuel.

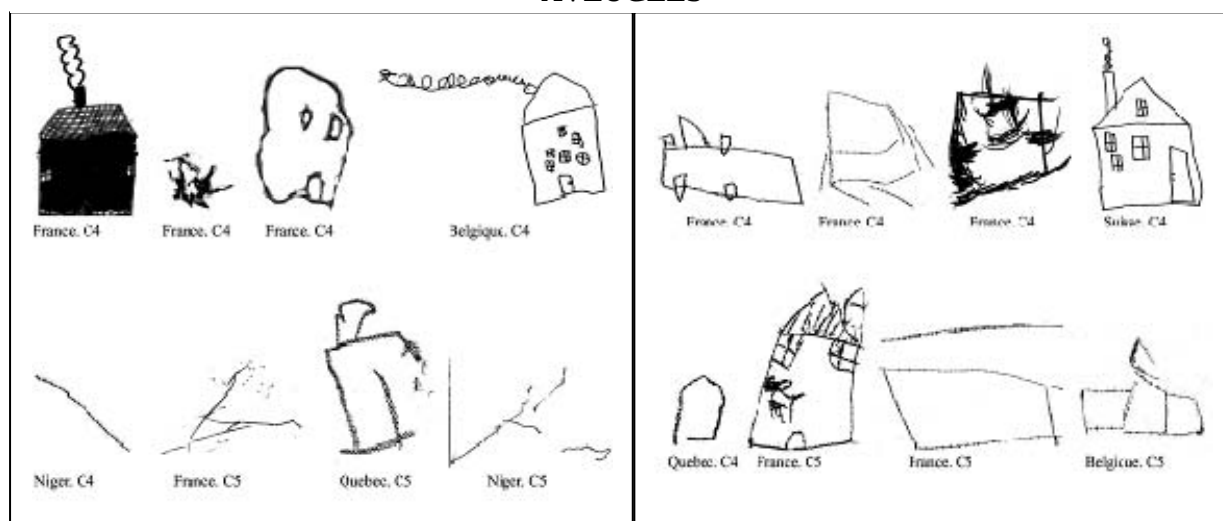
Les analyses révèlent un effet tendancielllement significatif de l'âge, $F(3,80) = 2.6$, $p=.06$. La qualité artistique des dessins est meilleure chez les enfants plus âgés (à partir de 10 ans, $M = 3,1$) que chez les enfants plus jeunes (de 6 à 9 ans, $M < 2,8$). Ce résultat est confirmé chez les enfants malvoyants ($M = 3$ à 6-9 ans vs $M = 3,5$ à 10-14 ans), $t(30) = -2.6$, $p>.50$, mais pas chez les enfants aveugles ($M = 1,9$ à 6-9 ans vs $M = 2,2$ à 10-14 ans), $t(27) = -1$, $p>.25$. Chez les enfants voyants, l'amélioration de la qualité artistique s'effectue surtout entre 6-7 ans ($M = 3$) et 8-9 ans ($M = 3,7$), $t(14) = -3.9$, $p<.01$. Les dessins des enfants voyants et malvoyants ($M = 3,5$ et $M = 3,2$) ont une qualité artistique supérieure à celle des enfants aveugles ($M = 2$), $F(2,80) = 45.7$, $p<.01$. Les objets manipulables sont les objets dont la qualité artistique est la moins importante ($M = 2,7$), $F(4,320) = 10.4$, $p<.01$. Enfin, un effet d'interaction entre l'âge et le statut visuel montre que la qualité artistique des dessins des aveugles est inférieure à celle des dessins des voyants à partir de 8-9 ans et à celle des malvoyants à partir de 10-11 ans, $F(6,80) = 2.6$, $p<.05$.

Les résultats concernant la production de dessins reconnaissables et la qualité artistique des dessins sont illustrés dans la Figure 101 qui présente les dessins d'une maison réalisés par des enfants aveugles, malvoyants et voyants (de haut en bas) de 6-7 ans (à gauche) et de 12-13-14 ans (à droite). Nous pouvons voir que les dessins des enfants voyants et malvoyants sont facilement reconnaissables, ce qui n'est pas le cas de tous ceux effectués par les enfants aveugles, que ce soit à 6-7ans ou à 12-13-14 ans. De plus, à âge égal, la qualité artistique des dessins des enfants malvoyants et voyants est équivalente, tandis que celle des dessins des enfants aveugles reste nettement inférieure.

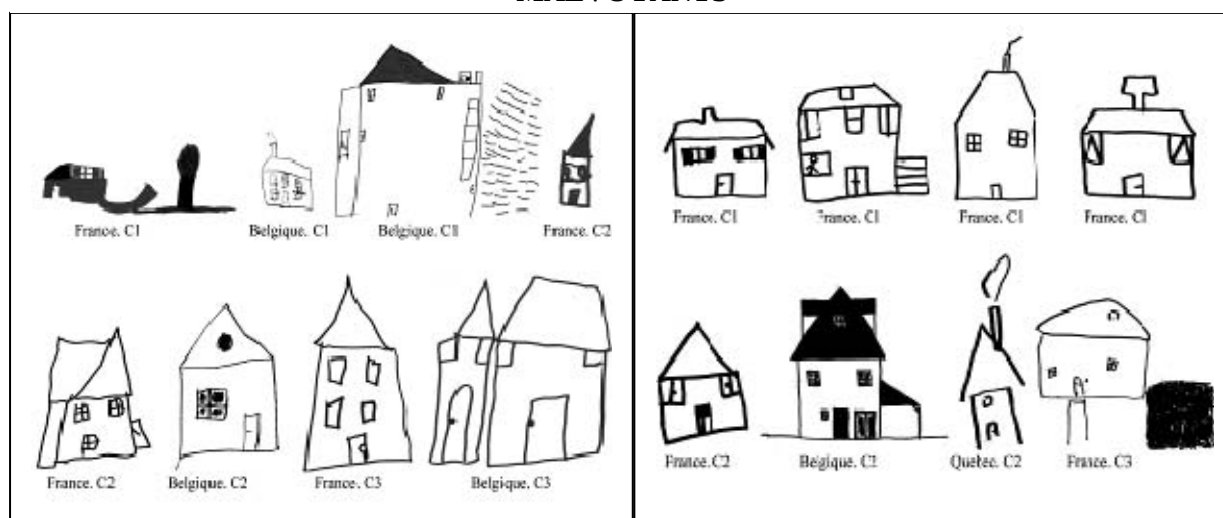
6-7 ANS

12-13-14 ANS

AVEUGLES



MALVOYANTS



VOYANTS

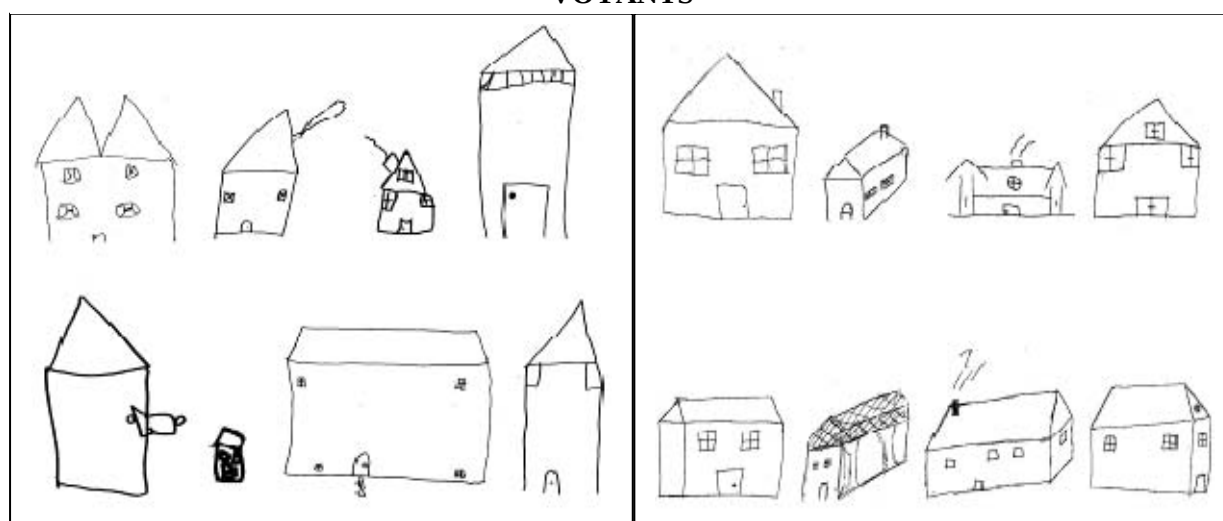


Figure 101 : Dessins d'une maison réalisés par des enfants aveugles, malvoyants et voyants de 6-7 ans et de 12-13-14 ans.

▪ Rajout d'un élément de contexte

La fréquence de rajout d'éléments de contexte, en fonction de l'âge et du statut visuel, pour les différents types d'objets, est présentée dans la Figure 102.

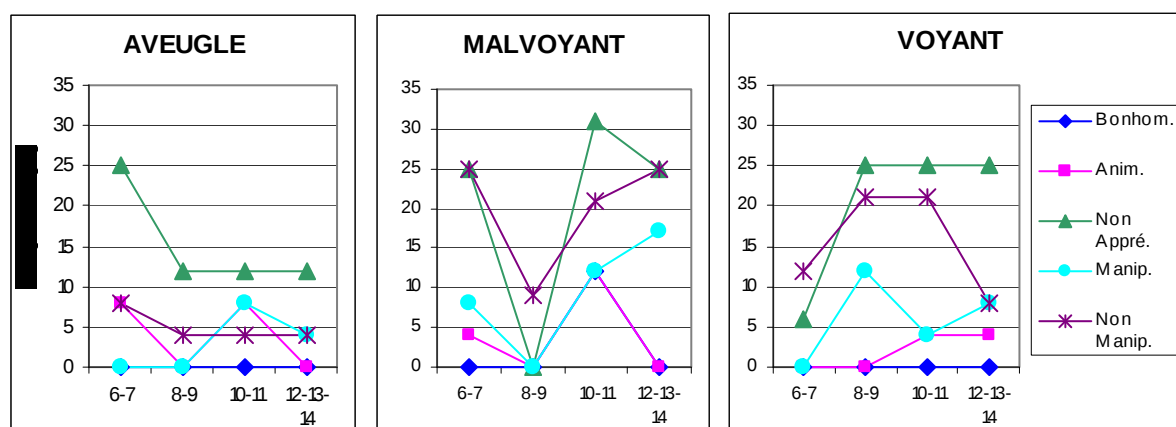


Figure 102 : La fréquence de rajout d'éléments de contexte en fonction de l'âge et du statut visuel pour les différents types d'objets.

Le rajout d'éléments de contexte dans les dessins est peu fréquent et ne diffère pas en fonction de l'âge ($< 11\%$, $F(3,79) = 1.7$, $p > .10$). Les enfants aveugles ont tendance à en introduire moins fréquemment dans leurs dessins que les autres enfants, $F(2,79) = 2.7$, $p = .07$. Ce sont pour les objets non appréhendables (pluie et soleil) et non manipulables (maison, arbre et lit) que le rajout d'éléments de contexte est le plus fréquent (respectivement 19% et 14%), $F(4,316) = 13.6$, $p < .01$. Les enfants malvoyants et voyants en dessinent plus fréquemment pour les objets manipulables et non appréhendables, respectivement $F(4,108) = 3.8$, $p < .01$ et $F(4,112) = 9.4$, $p < .01$. En revanche, les enfants aveugles, eux, introduisent davantage d'éléments de contexte uniquement dans les dessins des objets non appréhendables, $F(4,98) = 4.1$, $p < .01$.

La Figure 103 présente quelques exemples de rajouts de contexte. On peut voir, de gauche à droite et de haut en bas, le dessin d'un chien avec son os réalisé par un enfant aveugle de 6-7 ans, d'une brosse à dents avec du dentifrice réalisé par un enfant voyant de 8-9 ans, d'un poisson dans l'eau réalisé par un enfant malvoyant de 10-11 ans, d'un arbre avec un nid et un oiseau réalisé par un enfant voyant de 8-9 ans, de la pluie avec des nuages et des éclairs réalisé par un enfant malvoyant de 12-13-14 ans, d'un oiseau volant au milieu de nuages réalisé par un enfant voyant de 10-11 ans, d'un verre avec une paille réalisé par un enfant malvoyant de 6-7 ans, d'une maison avec une voiture, un bonhomme, un arbre, un chien, sa niche, des nuages et le soleil réalisé par un enfant voyant de 10-11 ans, et d'un lit sur lequel est allongé un bonhomme réalisé par un enfant voyant de 8-9 ans.

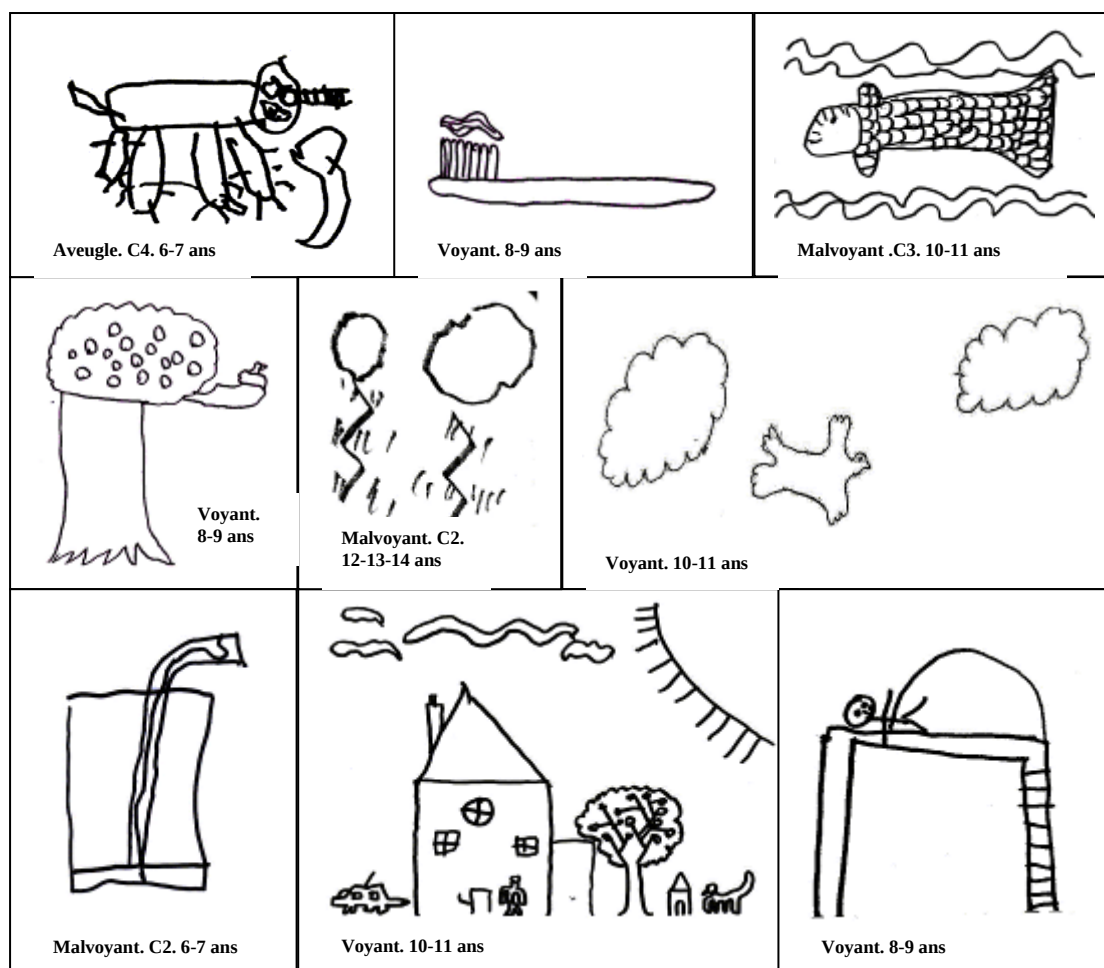


Figure 103 : Exemple de rajout d'éléments de contexte pour le dessin d'un chien, d'une brosse à dents, d'un poisson, d'un arbre, de la pluie, d'un oiseau, d'un verre, d'une maison et d'un lit.

■ Dessin par transparence

La fréquence de dessins par transparence, en fonction de l'âge et du type d'objets, chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 104.

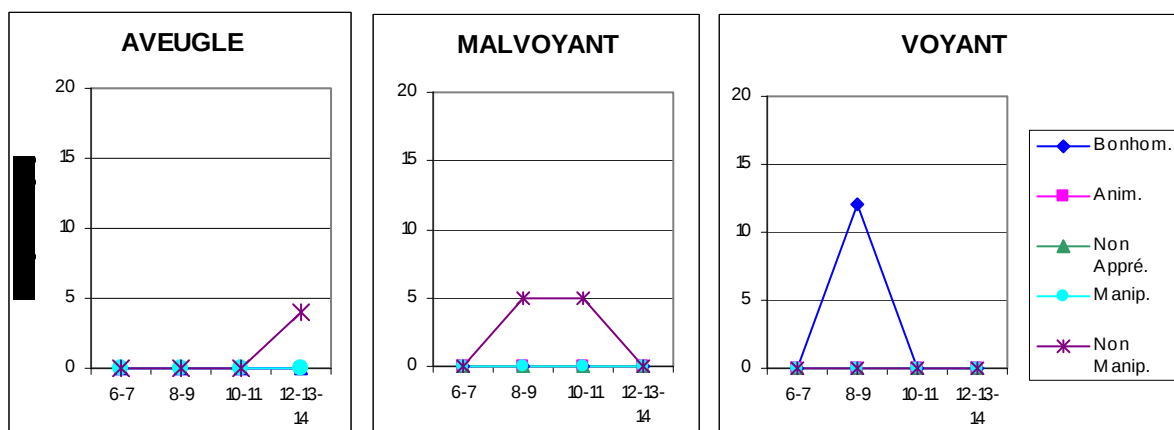


Figure 104 : Fréquence de dessins par transparence en fonction de l'âge, du statut visuel et du type d'objets.

Les dessins par transparence sont très rares ($< 2\%$) et leurs fréquences ne varient pas en fonction de l'âge, $F(3,791) < 1$, du statut visuel, $F(2,79) < 1$, et du type d'objets, $F(4,316) = 1$, $p > .30$.

La Figure 105 présente des exemples des rares dessins par transparence réalisés par un enfant aveugle, malvoyant et voyant, de gauche à droite. On peut remarquer un chien à l'intérieur de la maison de gauche, des escaliers et un pot de fleur dans la maison au milieu et on peut voir le corps à travers les vêtements dans le dessin du bonhomme. On relèvera néanmoins que ces dessins sont produits à 8-9 ans par les voyants, entre 8-9 ans et 10-11 ans pour les malvoyants et à 12-13-14 ans pour les enfants aveugles.

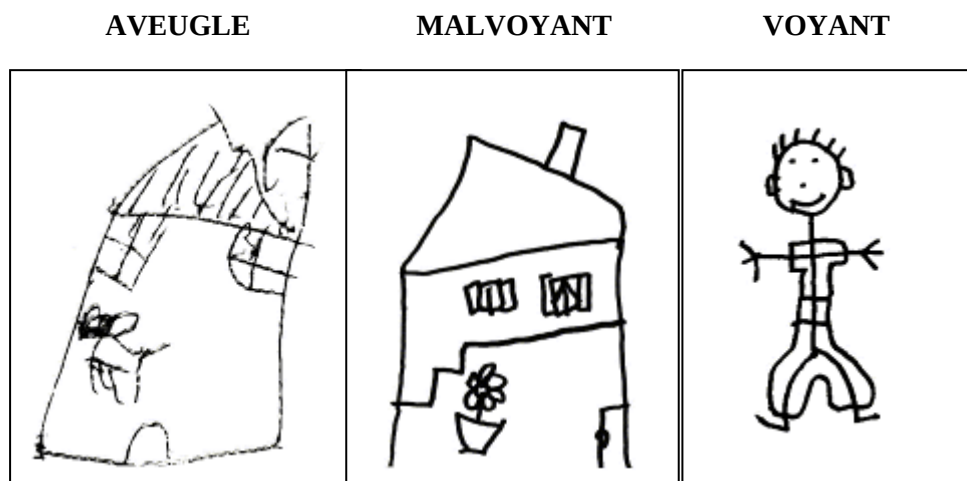


Figure 105 : Dessins par transparence d'une maison réalisés par un enfant aveugle et un enfant malvoyant et dessin par transparence d'un bonhomme fait par un enfant voyant.

2.2.3. Point de vue privilégié

▪ Point de vue canonique

L'évolution avec l'âge de la présence d'un point de vue canonique dans les dessins, en fonction du statut visuel et du type d'objets, chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 106.

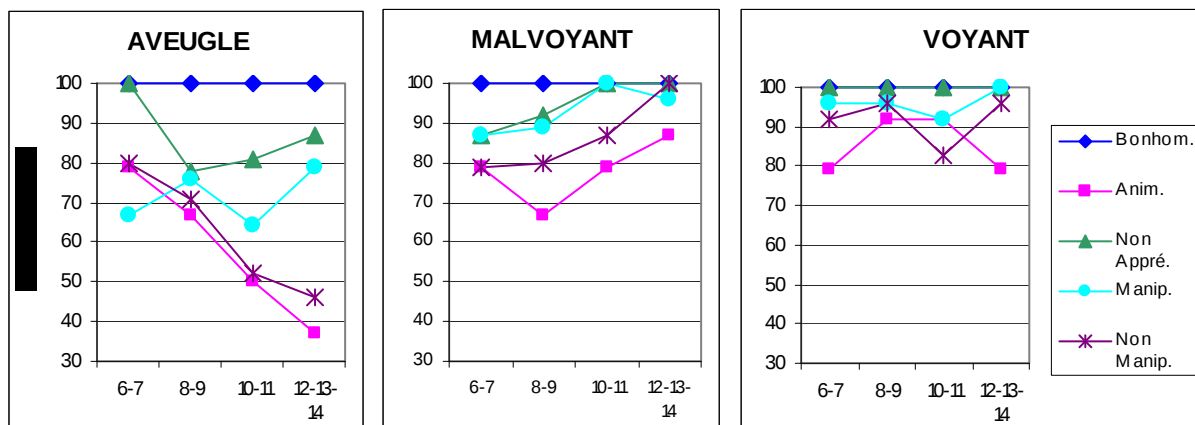
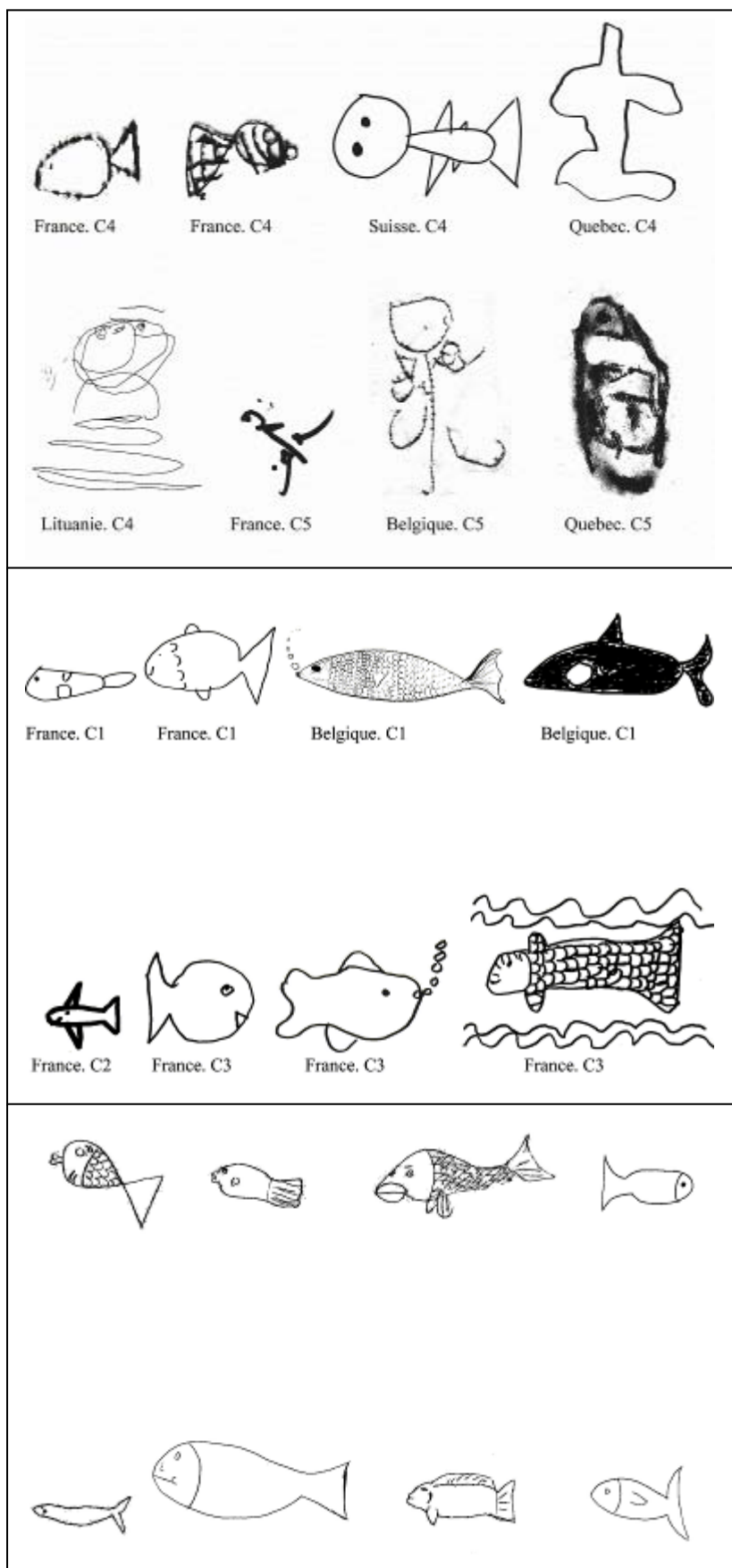


Figure 106 : Evolution avec l'âge de la présence d'un point de vue canonique dans les dessins en fonction du statut visuel et du type d'objets chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Aucun effet de l'âge sur la représentation d'un point de vue canonique n'est mis en évidence, $F(3,78) < 1$. Aucune différence entre les âges n'apparaît chez les enfants aveugles, $t_s(11) < 1.4$, $p_s > .15$ et voyants, $t_s(14) < -1$, $p_s > .25$. Chez les enfants voyants, le point de vue canonique est appliqué fréquemment dès 6-7 ans (93%). En revanche, une augmentation significative entre 6-9 ans (86 %) et 10-14 ans (94,5%) de la présence de point de vue canonique est observée chez les malvoyants, $t(30) = -3.4$, $p < .01$. Bien que la Figure 106 indique une évolution avec l'âge différente en fonction des objets chez les enfants aveugles, aucune interaction significative entre l'âge et les objets n'est mise en évidence, $F(12,96) = 1.2$, $p > .30$. Le point de vue canonique est plus souvent privilégié pour représenter les objets dans le dessin des enfants voyants et malvoyants (94% et 90%) que dans ceux des aveugles (75%), $F(2,78) = 18.7$, $p < .01$. Il est toujours utilisé pour le dessin du bonhomme, tandis qu'il est moins fréquent pour le dessin des animaux (100% vs 73%), $F(4,312) = 30.2$, $p < .01$. Un effet d'interaction entre le type d'objets et le statut visuel, $F(8,312) = 4$, $p < .01$, révèle que les enfants aveugles dessinent le bonhomme et les objets non appréhendables d'un point de vue canonique aussi souvent que les enfants malvoyants et voyants. En revanche, lorsqu'il s'agit des autres objets, ils les dessinent moins fréquemment de cette manière que les enfants voyants. Aucune différence significative n'apparaît entre les malvoyants et les voyants. Enfin, les enfants aveugles dessinent moins fréquemment les animaux et les objets non manipulables d'un point de vue canonique que les autres objets, $F(4,96) = 14.5$, $p < .01$.

Un exemple est fourni dans la Figure 107 qui présente les dessins d'un poisson réalisés par des enfants de 10-11 ans aveugles, malvoyants et voyants, de haut en bas. Tous les enfants voyants et malvoyants ont dessiné le poisson d'un point de vue canonique, c'est-à-dire de profil. Or, ce n'est le cas que de la moitié des sujets aveugles. L'autre moitié a dessiné le poisson de face, avec la tête en haut.



AVEUGLES

MALVOYANTS

VOYANTS

Figure 107: Dessins d'un poisson réalisés par des enfants de 10-11 ans aveugles, malvoyants et voyants, de haut en bas.

▪ Point de vue de la main qui explore

La Figure 108 présente la fréquence de la présence d'un point de vue de la main qui explore dans les dessins, en fonction de l'âge et du statut visuel, pour les différents types d'objets.

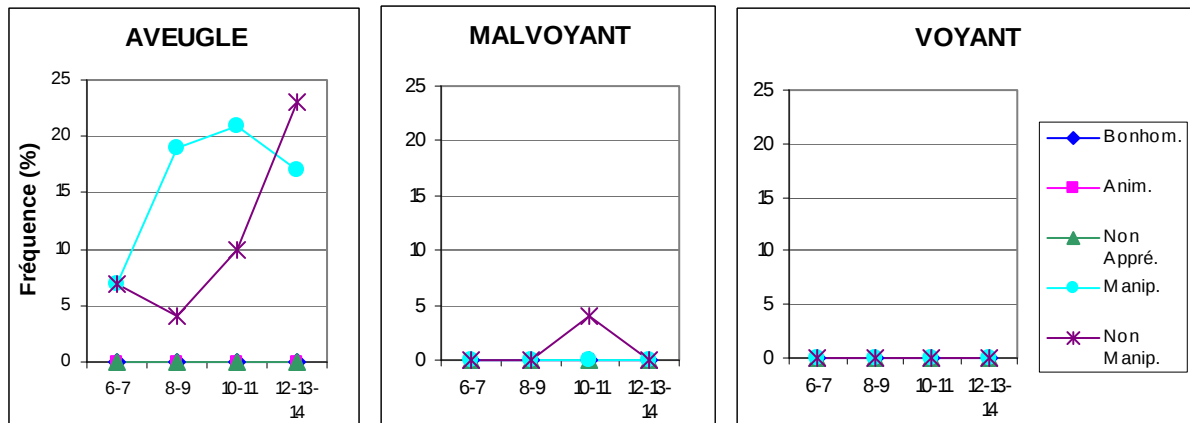


Figure 108 : Fréquence du point de vue de la main qui explore dans les dessins en fonction de l'âge et du statut visuel pour les différents types d'objets.

La fréquence d'un point de vue de la main qui explore dans les dessins est globalement faible (2,5%) et ne diffère pas en fonction des âges, $F(3,78) < 1$. Ce point de vue est par contre utilisé plus souvent par les enfants aveugles que par les autres enfants (5% vs quasiment 0% pour les malvoyants et voyants), $F(2,78) = 18.8$, $p < .01$. Il est présent essentiellement dans le dessin des objets non animés, manipulables ou non, $F(4,312) = 11.6$, $p < .01$. Plus précisément, il est utilisé pour représenter l'arbre et le verre, comme nous pouvons le voir dans les Figures 109 et 110. Aucune différence significative entre 6-7 ans et 12-13-14 ans n'est mise en évidence chez les aveugles, $t(11) < -1$, $p > .15$. De même, aucun effet d'interaction entre l'âge et le type d'objets n'apparaît chez ces enfants, $F(12,96) = 1$, $p > .40$. Un effet d'interaction entre le type d'objets et le statut visuel indique que la différence entre les sujets existe uniquement pour le dessin de ces objets, $F(4,312) = 11.3$, $p < .01$.

Comme illustrés par les Figures 109 et 110, à tous les âges et chez tous les enfants aveugles, l'arbre est toujours dessiné avec un rond pour représenter le tronc et avec des branches autour de celui-ci et le verre est toujours représenté par un arrondi.

ARBRE

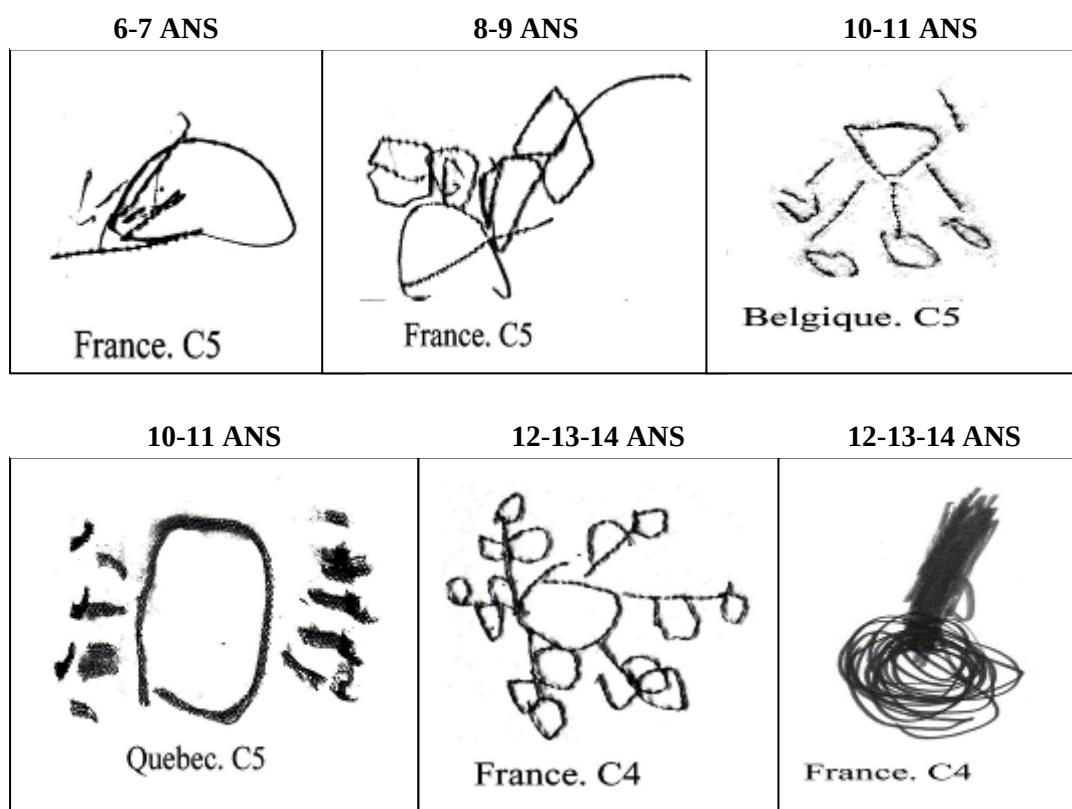


Figure 109 : Dessins d'un arbre réalisé par des aveugles âgés entre 6-7 ans et 12-13-14 ans.

VERRE

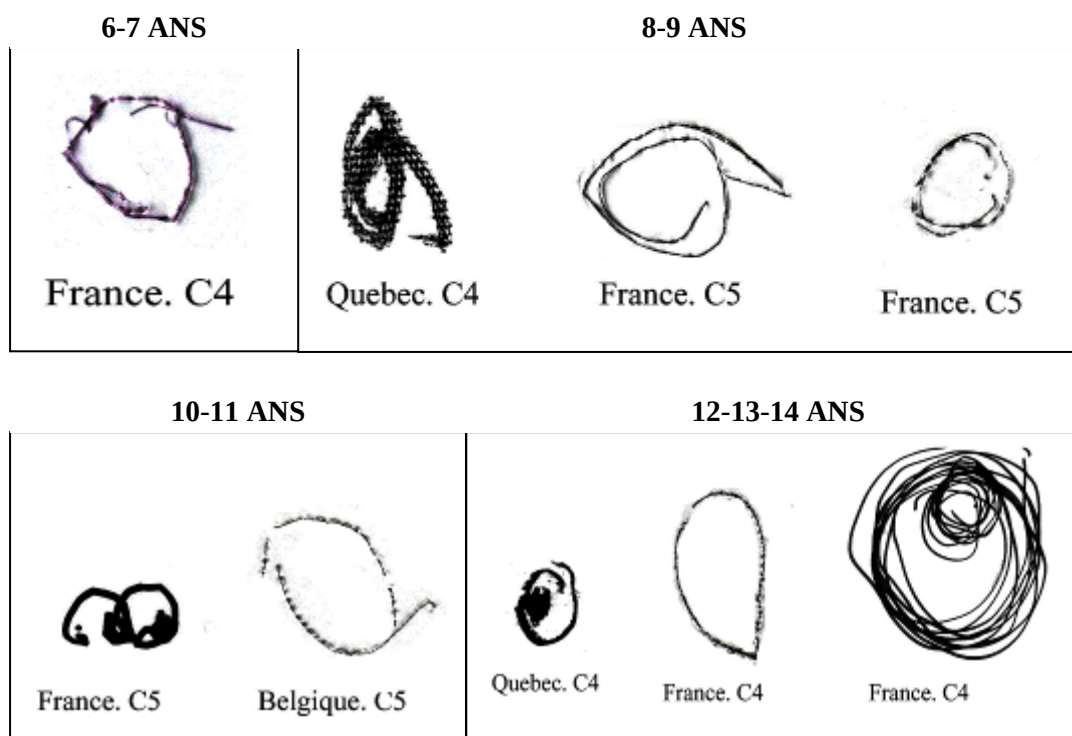


Figure 110 : Dessins d'un verre réalisé par des aveugles âgés entre 6-7 ans et 12-13-14 ans.

▪ Mélange de points de vue

L'évolution avec l'âge de la présence de mélange de points de vue dans les dessins, en fonction du type d'objets, chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants, est présentée dans la Figure 111.

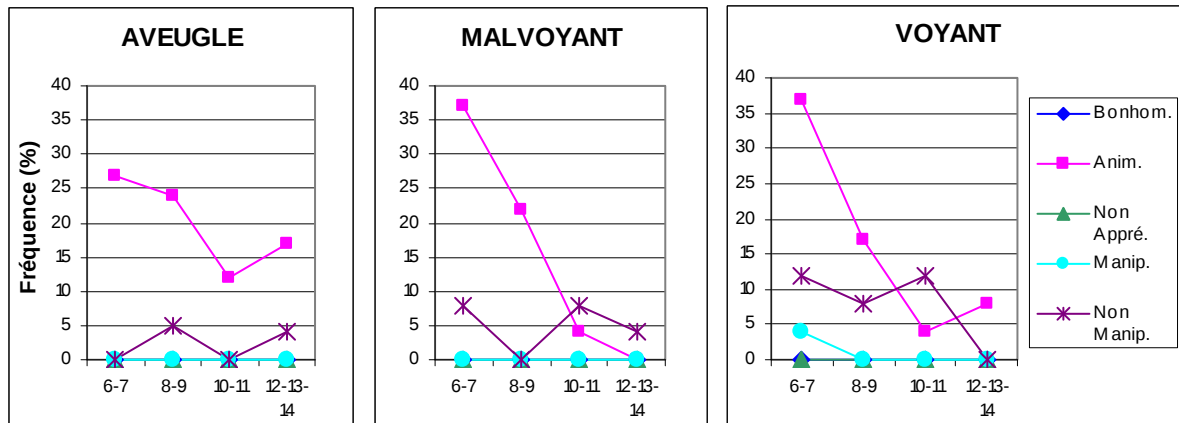
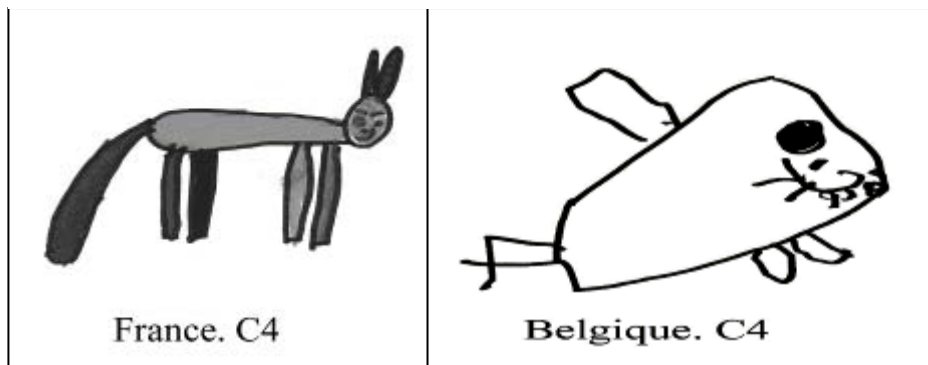


Figure 111 : Evolution avec l'âge de la présence de mélange de points de vues dans les dessins en fonction du type d'objets chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

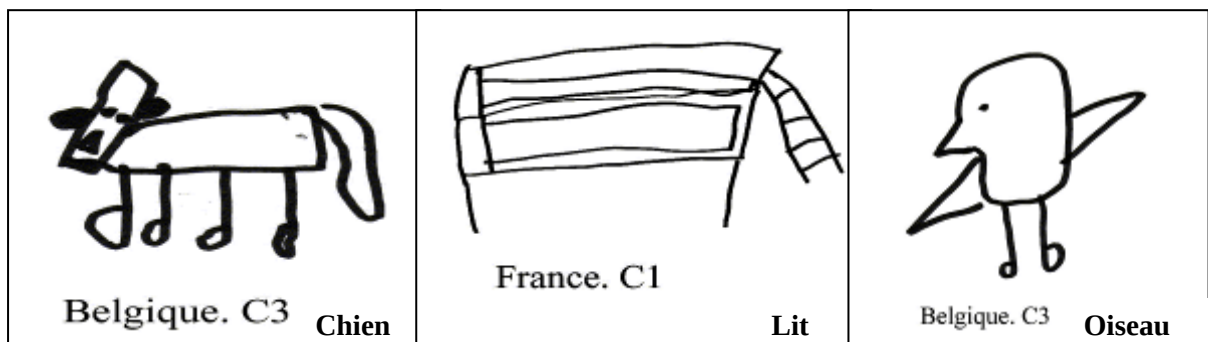
Le mélange de points de vue est plus fréquent dans le dessin des enfants les plus jeunes (6-7 ans) et diminue avec l'âge, $F(3,78) = 5.7$, $p < .01$. Une diminution importante entre 6-7 ans et 10-11 ans est confirmée chez les enfants malvoyants et voyants, $t_s(13) = 2.4$, $p_s < .05$. En revanche, aucune différence n'apparaît chez les enfants aveugles (5% à 6-9 ans et 3% à 10-14 ans), $t(27) < 1$, $p > .30$. On n'observe pas de différence entre les groupes d'enfants, $F(2,78) < 1$. Comme le montre la Figure 111, le mélange de points de vue est plus fréquent pour le dessin des animaux (17%), puis pour celui des objets non manipulables, tel que le lit (5%). En revanche, il est totalement absent du dessin des autres objets, $F(4,312) = 30.8$, $p < .01$. Un effet d'interaction entre l'âge et le type d'objets révèle que l'effet de l'âge est présent uniquement pour le dessin des animaux, $F(12,312) = 4$, $p < .01$.

Plusieurs exemples de dessins comportant un mélange de points de vue se trouvent dans la Figure 112, qui présente des dessins d'enfants aveugles, malvoyants et voyants de 6-7 ans (de haut en bas). En ce qui concerne les dessins réalisés par les enfants aveugles, nous pouvons voir un chien et un poisson dont les corps sont dessinés de profil et les visages de face. De même, le chien dessiné par un enfant malvoyant est positionné de profil tandis que son visage est de face. Le lit est dessiné à la fois de profil et de haut. L'oiseau est dessiné de face et le visage de profil. Le chien et l'oiseau dessinés par des enfants voyants sont représentés de profil avec un visage de face. Enfin, le lit dessiné par un enfant voyant est produit de profil et de haut.

AVEUGLE



MALVOYANT



VOYANT

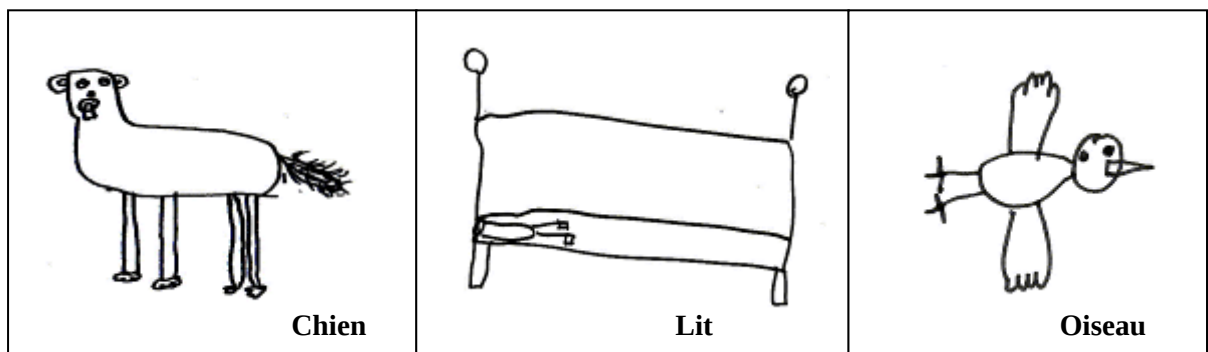
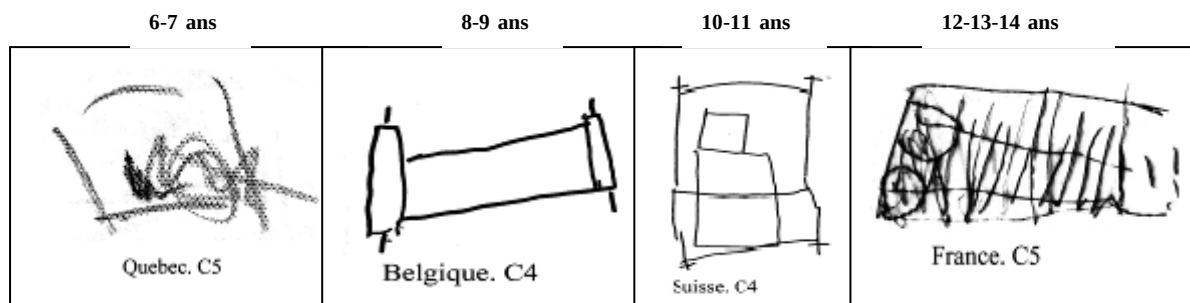


Figure 112 : Dessins contenant un mélange de points de vues réalisés par des enfants aveugles, malvoyants et voyants, de haut en bas.

Comme nous venons de le voir, les enfants aveugles dessinent fréquemment le bonhomme et les objets non appréhendables (pluie et soleil) selon un point de vue canonique. L'analyse des productions réalisées par les enfants montre que la banane et la brosse à dents sont également dessinées le plus souvent selon ce point de vue. Lorsque l'arbre et le verre ne sont pas représentés de manière canonique, ils sont dessinés selon le point de vue de la main qui explore. Les objets qui sont le moins souvent dessinés selon le point de vue canonique sont les objets non manipulables (maison, lit, sauf

l'arbre) et les animaux. Le lit et la maison sont fréquemment dessinés de haut, comme le montre la Figure 113 présentant les dessins d'enfants aveugles âgés de 6-7 ans à 12-13-14 ans.

DESSIN DU LIT



DESSIN DE LA MAISON

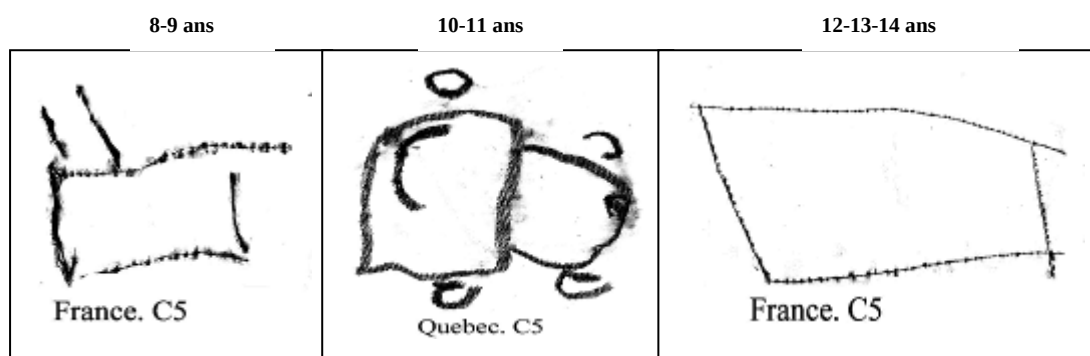
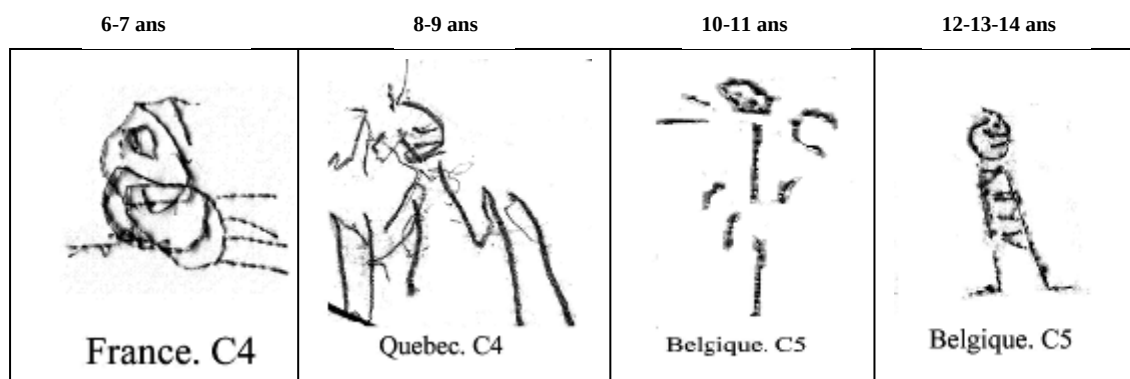


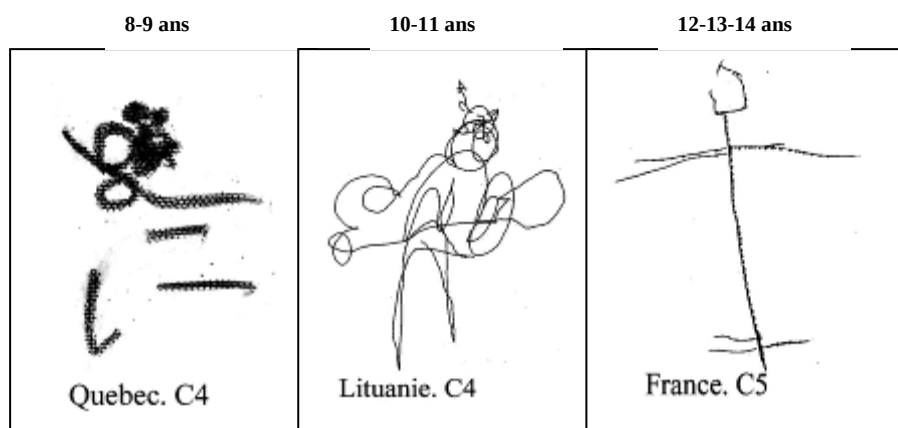
Figure 113 : Dessins du lit (en haut) et de la maison (en bas) réalisés par des enfants aveugles âgés entre 6-7 ans et 12-13-14 ans.

Les animaux sont représentés souvent de face, comme il en va pour le bonhomme. Des exemples de dessins de poisson, chien et oiseau produits par des enfants aveugles âgés de 6-7 ans à 12-13-14 ans sont consignés dans la Figure 114.

DESSIN DU CHIEN



DESSIN DE L'OISEAU



DESSIN DU POISSON

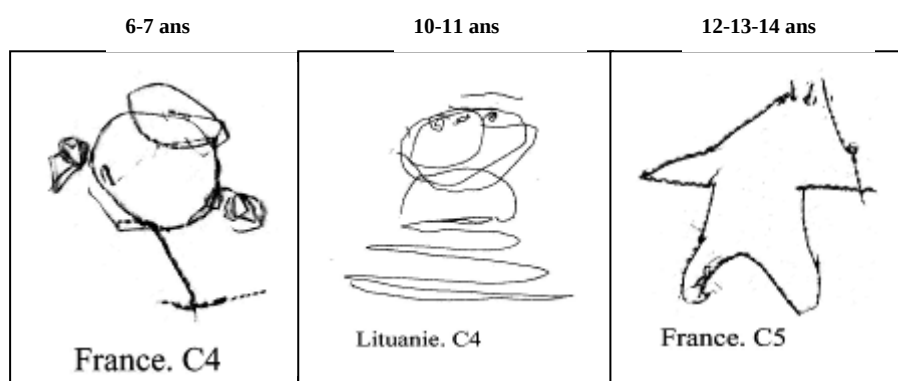


Figure 114 : Dessins du chien, de l'oiseau et du poisson (de haut en bas) réalisés par des enfants aveugles âgés entre 6-7 ans et 12-13-14 ans.

- Positionnement de la tête profil gauche (uniquement pour le dessin des animaux)

Le positionnement de la tête du côté gauche a été analysé uniquement pour le dessin des animaux. La Figure 115 présente la fréquence d'un positionnement de la tête du côté gauche en fonction de l'âge et du statut visuel.

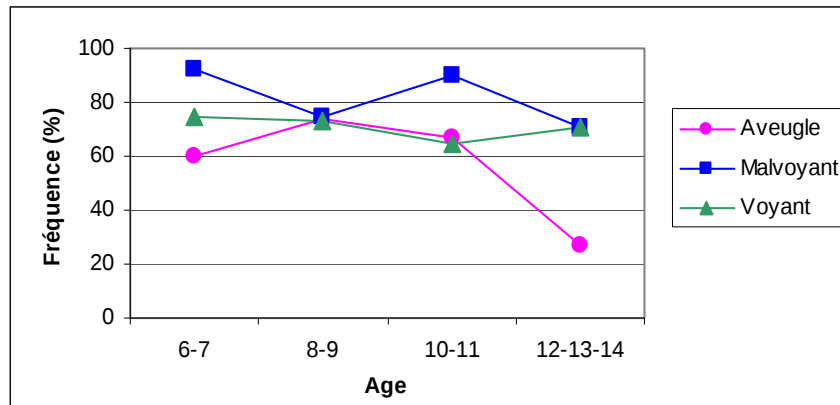


Figure 115 : Fréquence d'un positionnement de la tête du côté gauche en fonction de l'âge et du statut visuel.

A tous les âges, la tête des animaux est davantage positionnée à gauche qu'à droite (> 66 %). Un effet tendanciellement significatif du statut visuel est toutefois mis en évidence indiquant que ce positionnement gauche est moins fréquent chez les enfants aveugles (57 %) que chez les enfants malvoyants (82 %) et voyants (71 %), $F(2,73) = 2.5$, $p=.08$.

- Présence d'un procédé de rabattement

La présence d'un procédé de rabattement a été analysée uniquement pour le dessin du lit, de l'oiseau et du chien. La fréquence de ce procédé en fonction de l'âge et du statut visuel est présentée dans la Figure 116.

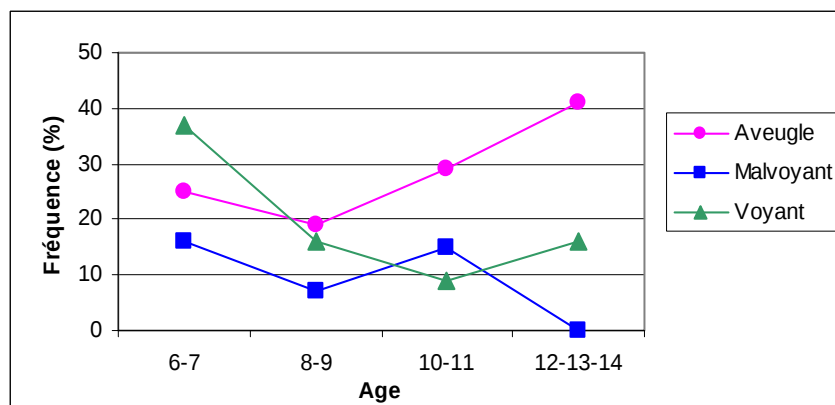


Figure 116 : Evolution avec l'âge de la présence d'un procédé de rabattement en fonction du statut visuel des enfants.

Aucun effet de l'âge n'apparaît sur la présence d'un procédé de rabattement dans les dessins, $F(3,78) < 1$. Aucune différence entre les âges n'est révélée par les tests de Student réalisés chez les enfants aveugles, $t_s(14) < -1.1$, $p_s > .25$, chez les enfants malvoyants, $t_s(14) < 1.2$, $p_s > .20$. En revanche, une diminution significative entre 6-7 ans (37%) et 10-11 ans (9%) du procédé de rabattement est mise en évidence chez les enfants voyants, $t(14) = 2.7$, $p < .05$. Les enfants aveugles utilisent davantage ce procédé (28%) que les autres enfants, $F(2,78) = 3.4$, $p < .05$.

▪ Perspective

La présence de perspective a été analysée pour le dessin de la maison, du lit et de la brosse à dents. La Figure 117 en présente l'évolution avec l'âge en fonction du statut visuel des enfants.

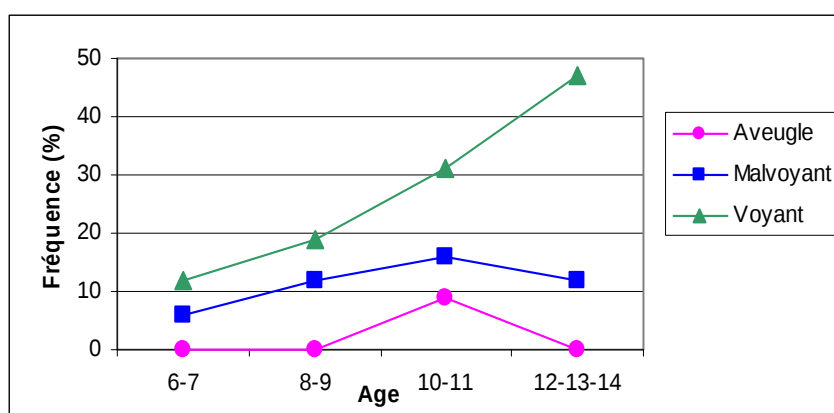


Figure 117 : Evolution avec l'âge de la présence de perspective dans les dessins en fonction du statut visuel des enfants.

La perspective est de plus en plus fréquemment utilisée avec l'âge, mais elle reste quand même peu représentée dans les dessins ($< 20\%$), $F(3,81) = 3.3$, $p < .05$. Un test de Student révèle une augmentation significative entre 6-7 ans et 12-13-14 ans de la perspective chez les enfants voyants, $t(14) = -2.7$, $p < .05$. En revanche, aucune augmentation significative apparaît chez les enfants malvoyants (6% à 6-7 ans et 16% à 10-11 ans), $t(14) = -1.5$, $p > .10$. Comme nous pouvons le voir sur la Figure 117, la perspective est utilisée uniquement à 10-11 ans par les enfants aveugles. Chez les enfants malvoyants, aucun effet de l'âge n'est mis en évidence, $F(3,28) < 1$. Enfin, les enfants voyants (27%) représentent la perspective plus fréquemment que les enfants malvoyants et aveugles (12% et 2%), $F(2,81) = 16.8$, $p < .01$.

La Figure 101 p. 207 illustre ce résultat. Dans cette Figure, nous pouvons voir que la perspective est présente dans les dessins de la maison uniquement chez les enfants voyants.

2.3. Correspondance entre la production graphique et le niveau sémantique

■ Nombre d'éléments communs aux descriptions verbales et au dessin

Les données étant quasi inexistantes pour les objets non appréhendables (pluie et soleil), ces derniers n'ont pas été pris en compte dans l'analyse statistique. La Figure 118 présente le nombre moyen d'éléments communs aux descriptions verbales et au dessin, en fonction de l'âge et du type d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

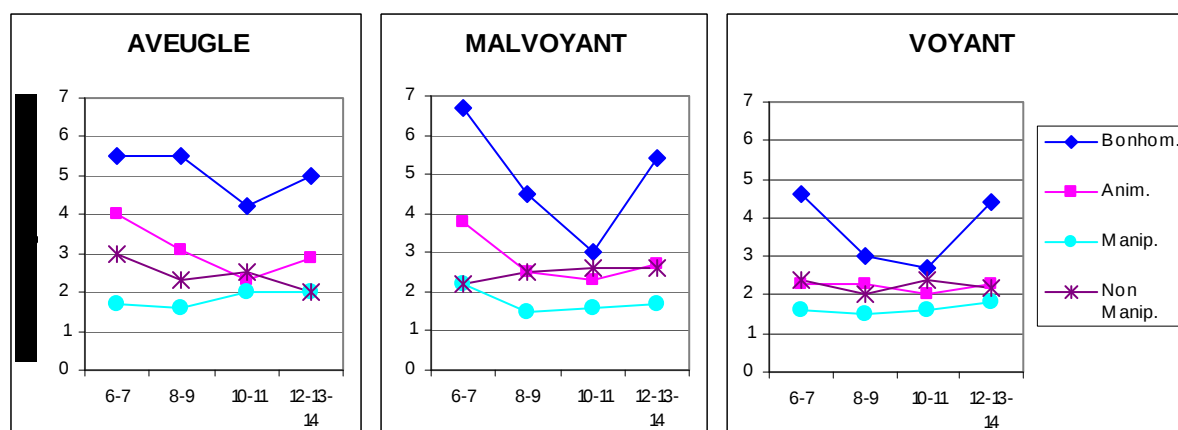


Figure 118 : Nombre moyen d'éléments communs aux descriptions verbales et au dessin, en fonction de l'âge et du type d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Le nombre moyen d'éléments communs aux descriptions verbales et au dessin est compris entre 2,4 et 3,3 éléments et ne diffère pas significativement avec l'âge, $F(3,47) = 2.2$, $p = .10$.

Chez les enfants malvoyants uniquement, une évolution quadratique est observée pour le bonhomme, $F(1,18) = 4.5$, $p < .05$. Un effet tendancielllement significatif du statut visuel apparaît, indiquant que le nombre moyen d'éléments en commun est plus important chez les enfants aveugles que chez les enfants voyants ($M = 3,1$ vs $M = 2,4$), $F(1,47) = 2.8$, $p = .07$. Il est par ailleurs plus important pour le bonhomme ($M = 4,5$) que pour les objets manipulables ($M = 1,7$), $F(3,141) = 57$, $p < .01$. Enfin, aucune différence avec l'âge n'apparaît pour les objets, sauf pour le bonhomme où le nombre d'éléments en commun est moins important à 10-11 ans qu'aux autres âges, $F(9,141) = 2.3$, $p < .01$.

■ Ordre commun entre les descriptions verbales et le dessin

Pour ce critère également, les objets non appréhendables (pluie et soleil) n'ont pas été pris en compte dans l'analyse statistique. La Figure 119 présente la fréquence d'un ordre commun des éléments aux descriptions verbales et au dessin, en fonction de l'âge et du type d'objets, chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

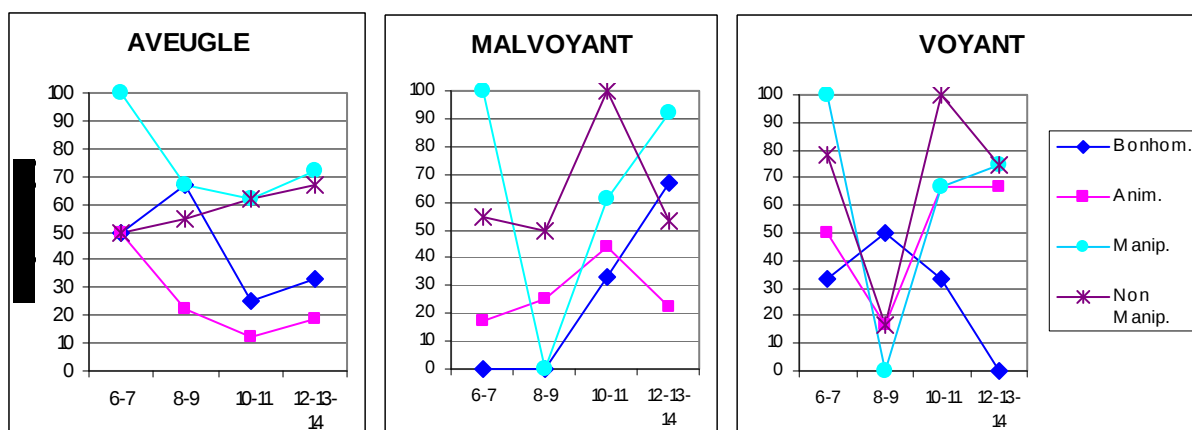


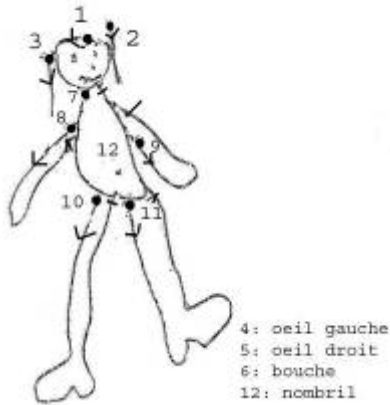
Figure 119 : Fréquence d'un ordre commun des éléments aux descriptions verbales et au dessin, en fonction de l'âge et du type d'objets chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Aucune différence significative entre les âges n'apparaît chez les enfants aveugles, $t_s(11) < 1.7$, $p_s > .25$, et malvoyants, $t_s(14) < 1.5$, $p_s > .10$. Chez les enfants voyants, la fréquence d'un ordre commun entre les éléments cités et dessinés tend à diminuer entre 6-7 ans (64%) et 8-9 ans (39%) puis augmente jusqu'à 10-11 ans (80%), respectivement $t(10) = 2.1$, $p = .06$, et $t(12) = -3.6$, $p < .01$. Les trois groupes d'enfants ne diffèrent pas entre eux, $F(2,32) < 1$. L'ordre est plus fréquemment similaire pour les objets non animés, manipulables ou non, que pour les objets animés (bonhomme et animaux), $F(3,96) = 8.2$, $p < .01$. Cette différence est confirmée chez les enfants aveugles, $t(92) = 5.6$, $p < .01$, malvoyants, $t(79) = 4.9$, $p < .01$ et voyants, $t(66) = 3.3$, $p < .01$.

La Figure 120 présente les descriptions et les relevés de la syntaxe de dessins d'objets animés (A) et non animés (B) réalisés par des enfants de 10-11 ans aveugles, malvoyants et voyants. Nous pouvons voir que, pour tous les enfants, l'ordre des éléments en commun décrits et dessinés (surligné en rouge) pour les objets animés (bonhomme et chien) n'est pas identique. En revanche, pour les objets non animés (brosse à dents et arbre), l'ordre des éléments en commun décrits et dessinés (surligné en rouge) est le même, et ce chez tous les enfants.

A : OBJETS ANIMES : exemples du bonhomme et du chien

AVEUGLE



Ordre des éléments dessinés : tête, yeux, bouche, cheveux, corps, bras, jambes-pieds, nombril.

Ordre des éléments décrits : tête, jambes, pieds, bras, mains, ventre, dos (ventre, dos = corps), peau, muscles, os chair, cheveux.

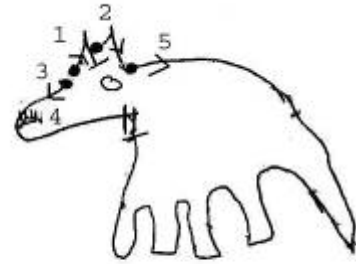
MALVOYANT



Ordre des éléments dessinés : tête, bras, corps, jambes.

Ordre des éléments décrits : 2 bras, jambes, tête, ventre (=corps), bouche, 2 yeux, nez.

VOYANT

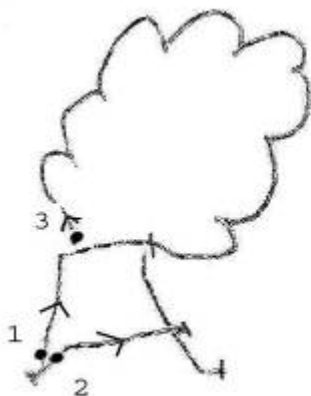


Ordre des éléments dessinés : oreilles, museau/tête, dents, corps, queue, pattes

Ordre des éléments décrits : poils, dents, oreilles, 4 pattes, griffes, queue.

B : OBJETS NON ANIMES : exemples de l'arbre et de la brosse à dents

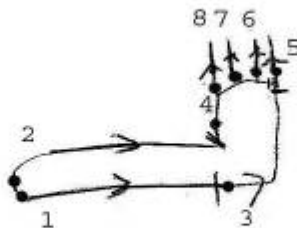
AVEUGLE



Ordre des éléments dessinés : tronc, feuilles.

Ordre des éléments décrits : tronc, branches, feuilles, racines

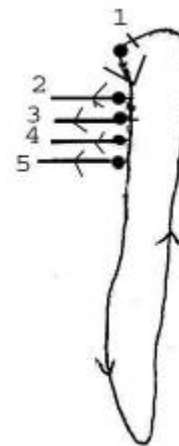
MALVOYANT



Ordre des éléments dessinés : bâton, poils

Ordre des éléments décrits : bâton, poils

VOYANT



Ordre des éléments dessinés : bâton, poils

Ordre des éléments décrits : bâton, poils

Figure 120 : Descriptions et les relevés de la syntaxe de dessins d'objets animés (A) et non animés (B) réalisés par des enfants de 10-11 ans aveugle, malvoyant et voyant.

2.4. Analyses complémentaires sur le développement du dessin chez les enfants aveugles

Afin d'étudier les facteurs influençant les performances de dessin chez les enfants aveugles, des analyses complémentaires ont été effectuées. Les facteurs analysés ici concernent le niveau de pratique du dessin et de la lecture de livres tactiles, le type de matériel utilisé (feuille vs planche Dycem) et la gravité du trouble visuel (avec des restes visuels : catégorie 4 de l'OMS vs cécité absolue : catégorie 5 de l'OMS ; cf. Annexe 1 p. 288). Il faut souligner que les enfants qui ont un trouble important de la vision vont utiliser plus fréquemment les planches Dycem que les feuilles pour dessiner. L'effet de la pratique de lecture en braille n'a pas été étudié car tous les enfants aveugles lisent en braille tous les jours, à l'exception seulement de 3 enfants de 6-7 ans (un de Belgique et deux du Niger) qui n'ont aucune pratique de lecture en braille.

2.4.1. Influence du niveau de pratique du dessin

Nous avons contrasté deux niveaux de pratique du dessin : une pratique fréquente regroupant les enfants dessinant une à deux fois par semaine (niveau 4 de pratique) ou tous les jours (niveau 5) et une pratique rare prenant en compte les enfants dessinant moins d'une fois par mois (niveau 2) ou jamais (niveau 1). Les enfants dessinant une ou deux fois par mois (niveau 3) n'ont pas été considérés dans les analyses. L'échantillon est ainsi constitué de seize enfants dont huit enfants ont une pratique fréquente du dessin (Moyenne d'âge : 8,6 ans ; Ecart-type : 20 mois) et huit autres dessinent rarement (Moyenne d'âge : 8,2 ans ; Ecart-type : 11 mois). Ces groupes ne diffèrent pas significativement par rapport à l'âge, $t(14) < 1$. Les deux niveaux de pratique sont répartis le plus équitablement possible dans les différents groupes d'âge : trois enfants de 6-7 ans dessinent fréquemment et quatre enfants de 6-7 ans dessinent rarement ; quatre enfants de 8-9 ans dessinent fréquemment et trois enfants de 8-9 ans dessinent rarement ; un enfant de 10-11 dessine fréquemment et un enfant dessine rarement. Les enfants âgés de 12-13-14 ans n'ont pas retenus dans l'analyse car tous dessinaient au moins une à deux fois par semaine. Lors de la sélection des enfants, nous avons privilégié les niveaux de pratique les plus extrêmes (c'est-à-dire les niveaux 1 et 5) dans chaque groupe d'âge. Les caractéristiques des enfants sélectionnés se trouvent dans le tableau 28.

Tableau 28 : Caractéristiques des enfants qui ont une pratique fréquente (en haut) et rare (en bas) du dessin.

PRATIQUE FREQUENTE DU DESSIN

Sujet	Age réel (en année et en mois)	Catégorie OMS	Sexe	Pays	Latéralité
1	6,2	5	F	Québec	D
2	6,8	4	M	France	G
3	7,7	4	M	Belgique	D
4	8,10	4	F	Québec	D
5	9,1	5	F	France	D
6	9,5	4	F	Belgique	D
7	9,7	4	F	Québec	D
8	11,2	4	M	Suisse	D

PRATIQUE RARE DU DESSIN

Sujet	Age réel (en année et en mois)	Catégorie OMS	Sexe	Pays	Latéralité
1	7,4	4	F	Niger	D
2	7,7	5	M	France	D
3	7,8	5	M	Niger	D
4	7,8	4	F	France	G
5	8	5	F	France	D
6	8,5	4	M	France	D
7	8,5	5	F	France	D
8	10,2	5	F	Suisse	D

Des t de Student ont été utilisés pour comparer les performances de dessin en fonction du niveau de pratique du dessin (2 : pratique fréquente vs pratique rare). Nous verrons tout d'abord les résultats concernant la nature des productions (dessin vs gribouillage), puis ce qui concerne le positionnement dans l'espace, la qualité des dessins et le point de vue privilégié. Pour finir, nous nous intéresserons à la correspondance entre les productions graphiques et le niveau sémantique.

➤ Nature des productions (dessins vs gribouillage)

La Figure 121 présente la fréquence de production de dessins (vs gribouillage) en fonction du niveau de pratique du dessin.

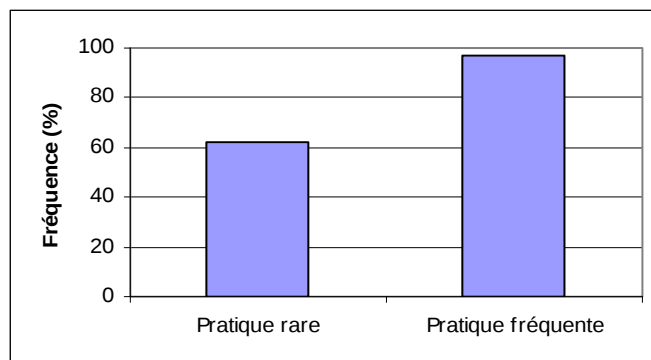


Figure 121 : Fréquence de production de dessins en fonction du niveau de pratique du dessin.

Les enfants qui dessinent fréquemment ont tendance à produire davantage de dessins (97%) que les enfants qui dessinent rarement (62%), $t(14) = 1.8$, $p = .08$.

➤ Positionnement dans l'espace

La Figure 122 présente la fréquence du respect des conventions dans les dessins (Respect Conv.), des erreurs de positionnement (Erreur Position.) et des positionnements par juxtaposition (Position. Juxtapo.), en fonction du niveau de pratique du dessin.

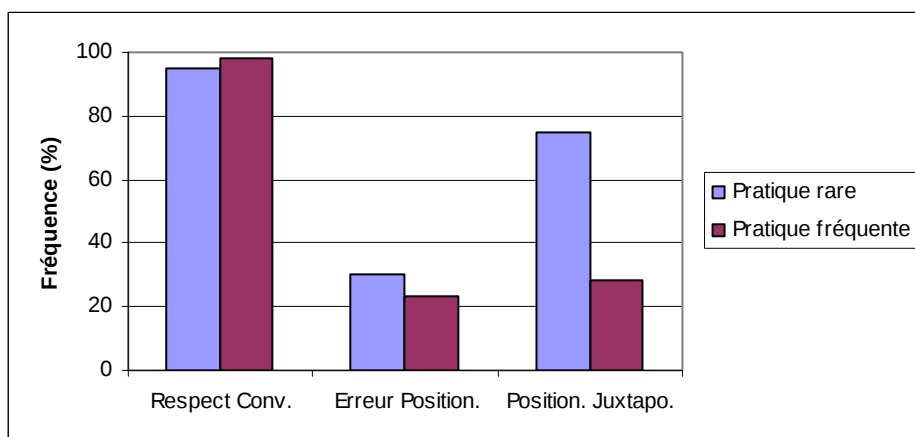


Figure 122 : Fréquence du respect des conventions dans les dessins, des erreurs de positionnement et des positionnements par juxtaposition en fonction du niveau de pratique de dessin.

Aucune différence selon le niveau de pratique n'apparaît pour le respect des conventions et pour les erreurs de positionnement, $t_s(11) < 1$, $p_s > .40$. En revanche, le positionnement des tracés par juxtaposition dans l'espace est significativement plus fréquent dans les dessins des enfants qui dessinent rarement (75%) que dans ceux des enfants qui dessinent fréquemment (28 %), $t(11) = -2.4$, $p < .05$.

➤ Qualité du dessin

La fréquence de proportions adéquates dans le dessin (Propor. Adéquate), de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants (Reco. (sans titre)) et de rajout d'éléments de contexte (Elém. Contexte), en fonction du niveau de pratique du dessin, est présentée dans la Figure 123. La fréquence de dessins par transparence n'est pas représentée car aucun enfant n'a produit ce type de dessin.

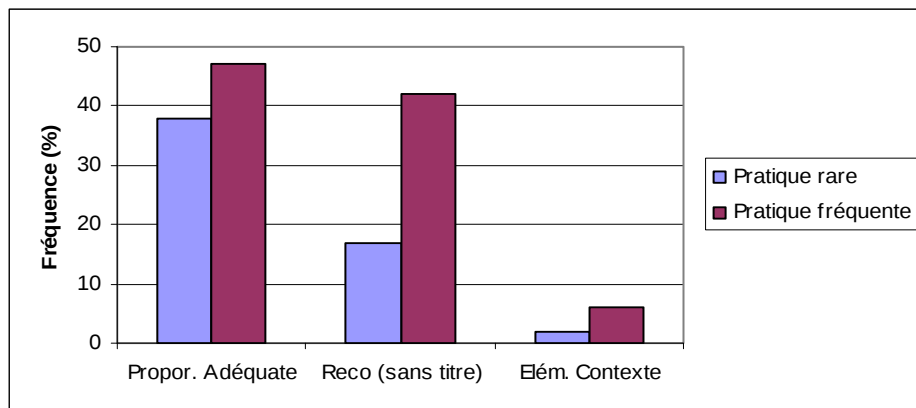


Figure 123 : Fréquence de proportions adéquates dans le dessin, de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants et de rajout d'éléments de contexte en fonction du niveau de pratique du dessin.

La fréquence de proportions adéquates, $t(11) < 1$, $p > .50$, de dessins reconnaissables, $t(11) = 1.6$, $p > .10$, ou de rajout d'éléments de contexte, $t(11) = 1.1$, $p > .20$, ne varie pas significativement entre les deux niveaux de pratique. Néanmoins, on peut observer que les performances de dessin pour ces trois critères sont meilleures chez les enfants pratiquant fréquemment le dessin que chez ceux qui dessinent rarement.

Les scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissance des titres (Reco. (avec titre)) et pour la qualité artistique (Qualité Artist.), en fonction du niveau de pratique, sont présentés dans la Figure 124.

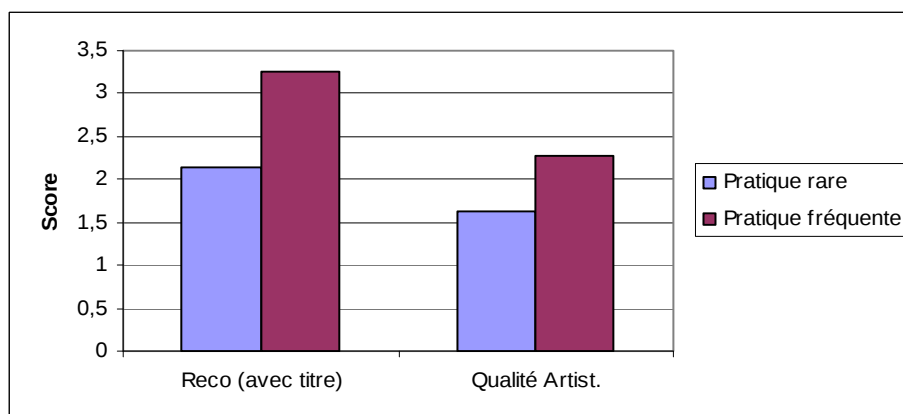


Figure 124: Scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissance des titres et pour la qualité artistique en fonction du niveau de pratique du dessin.

Comme précédemment, aucune différence selon le niveau de pratique du dessin n'est mise en évidence pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissance des titres et pour la qualité artistique, $t_s(11) < 1.6$, $p_s > .10$. On remarque toutefois une tendance à ce que les dessins soient davantage reconnaissables et possèdent une meilleure qualité artistique lorsqu'ils sont réalisés par des enfants dessinant souvent que par ceux qui dessinent rarement.

➤ Point de vue privilégié

La Figure 125 présente la fréquence d'un point de vue canonique (Pt Vue Canon.), d'un point de vue de la main qui explore (Pt vue Main), d'un mélange de points de vue (Mélange Pt vue), d'une représentation d'un profil à gauche (Profil Gauche), d'un procédé de rabattement (Proc. Rabatt.) et de perspective (Perspec.) en fonction du niveau de pratique du dessin.

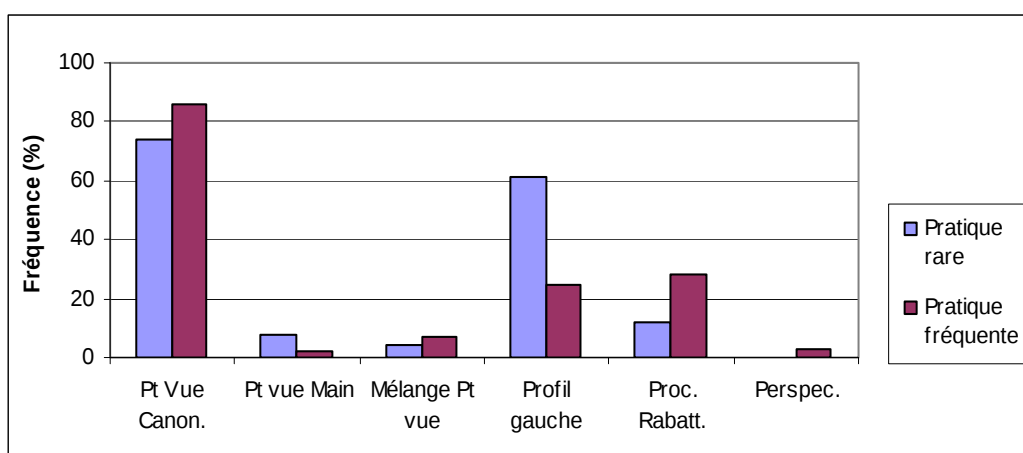


Figure 125 : Fréquence d'un point de vue canonique, d'un point de vue de la main qui explore, d'un mélange de points de vue, d'une représentation d'un profil à gauche, d'un procédé de rabattement et de perspective en fonction du niveau de pratique du dessin.

Les analyses en fonction du niveau de pratique donnent lieu à des résultats non concluant pour la présence d'un point de vue canonique, $t(11) = 1.1$, $p > .30$, d'un mélange de points de vue, $t(11) < 1$, $p > .50$, d'une représentation d'un profil à gauche, $t(9) = -1.4$, $p > .10$, d'un procédé de rabattement, $t(10) < 1$, $p > .40$, et de perspective, $t(11) < 1$, $p > .40$. En revanche, un effet tendancielllement significatif est mis en évidence pour la présence d'un point de vue de la main qui explore et indique que les enfants qui dessinent rarement (8%) représentent plus souvent les objets selon le point de vue de la main qui explore que ceux qui dessinent souvent (1%), $t(11) = -1.9$, $p = .08$.

➤ Correspondance entre les productions graphiques et le niveau sémantique

Le nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau de pratique du dessin sont représentés dans la Figure 126.

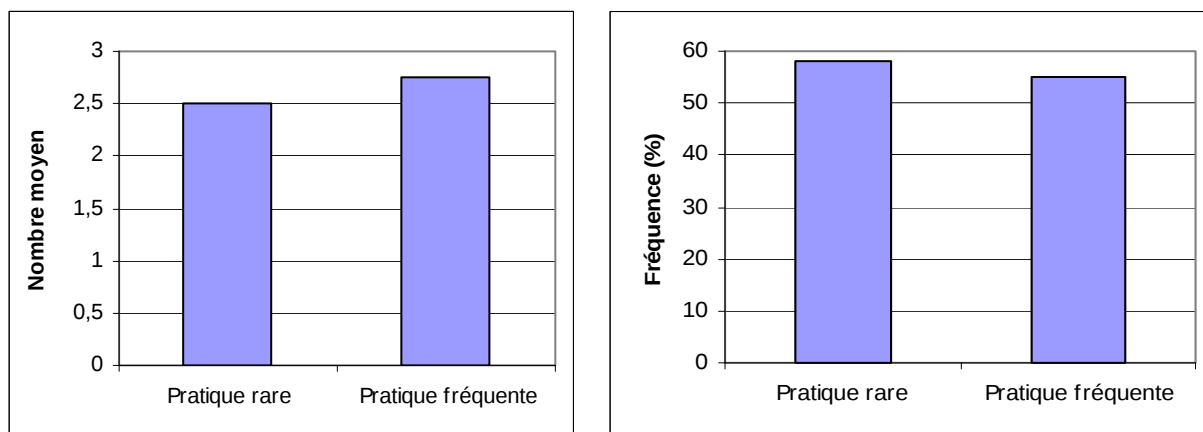


Figure 126 : Nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau de pratique du dessin.

Les analyses ne montrent pas d'influence significative du niveau de pratique pour ces deux variables, $t_s(11) < 1$, $p_s > .60$.

Analysons maintenant ce qu'il en est de l'influence du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

2.4.2. Influence du niveau de pratique de la lecture de livres tactiles

Comme précédemment, nous avons déterminé deux niveaux de pratique chez les enfants aveugles : pratique fréquente regroupant les enfants lisant une à deux fois par semaine (niveau 4 de pratique) ou tous les jours (niveau 5) et pratique rare prenant en compte les enfants lisant rarement, c'est-à-dire moins d'une fois par mois (niveau 2), ou jamais (niveau 1). L'échantillon est ainsi constitué de quatorze enfants dont sept enfants ont une pratique fréquente de la lecture de livres tactiles (Moyenne d'âge : 9 ans ; Ecart-type de l'âge : 31 mois) et sept autres ont une pratique rare (Moyenne d'âge : 9,4 ans ; Ecart-type de l'âge : 31 mois). Ces groupes ne diffèrent pas significativement par rapport à l'âge, $t(12) < 1$. Les deux niveaux de pratique sont répartis le plus équitablement possible dans les différents groupes d'âge : six enfants de 6-7 ans dont trois enfants ont une pratique fréquente et les trois autres enfants ont une pratique rare ; quatre enfants de 8-9 ans (dont deux ont une pratique fréquente et deux autres une pratique rare) ; deux enfants de 10-11 (dont un a une pratique fréquente et l'autre une pratique rare) ; deux enfants de 12-13-14 ans (dont un a une pratique fréquente et l'autre une pratique rare). Lors de la sélection des enfants, nous avons privilégié les niveaux de pratique les plus extrêmes (c'est-à-dire les niveaux 1 et 5) dans chaque groupe d'âge. Les caractéristiques des enfants sélectionnés sont consignées dans le Tableau 29.

Tableau 29 : Caractéristiques des enfants qui ont une pratique fréquente de la lecture de livres tactiles.

PRATIQUE FREQUENTE DE LA LECTURE DE LIVRES TACTILES

Sujet	Age réel (en année et en mois)	Catégorie OMS	Sexe	Pays	Latéralité
1	6,8	4	M	France	G
2	7,7	5	M	France	D
3	7,8	4	F	France	G
4	8	5	F	France	D
5	8,5	5	F	France	D
6	11,2	4	M	Suisse	D
7	14,01	4	F	France	D

PRATIQUE RARE DE LA LECTURE DE LIVRES TACTILES

Sujet	Age réel (en année et en mois)	Catégorie OMS	Sexe	Pays	Latéralité
1	7,4	4	F	Niger	D
2	7,7	4	M	Belgique	D
3	7,8	5	M	Niger	D
4	8,5	4	M	France	D
5	9,1	5	F	France	D
6	11,2	4	F	France	D
7	14,06	5	M	France	D

➤ **Nature des productions (dessin vs gribouillage)**

La Figure 127 présente la fréquence de dessins (vs gribouillage) en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

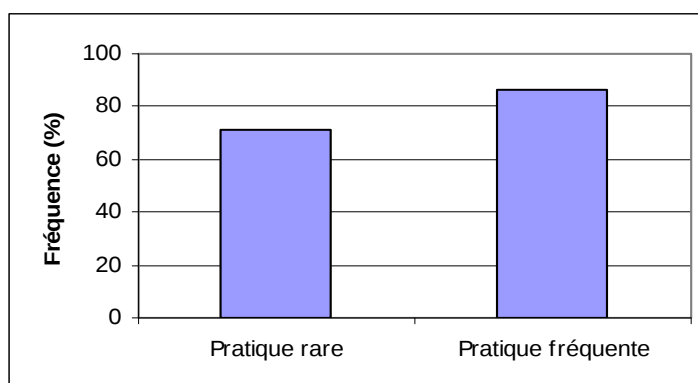


Figure 127 : Fréquence de dessins (vs gribouillage) en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

Les deux niveaux de pratique de lecture de livres tactiles ne se différencient pas significativement pour la production de dessins ou de gribouillage, $t(12) < 1$, $p > .50$.

➤ Positionnement dans l'espace

La Figure 128 présente la fréquence du respect des conventions dans les dessins (Respect Conv.), des erreurs de positionnement (Erreur Position.) et des positionnements par juxtaposition (Position. Juxtapo.), en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

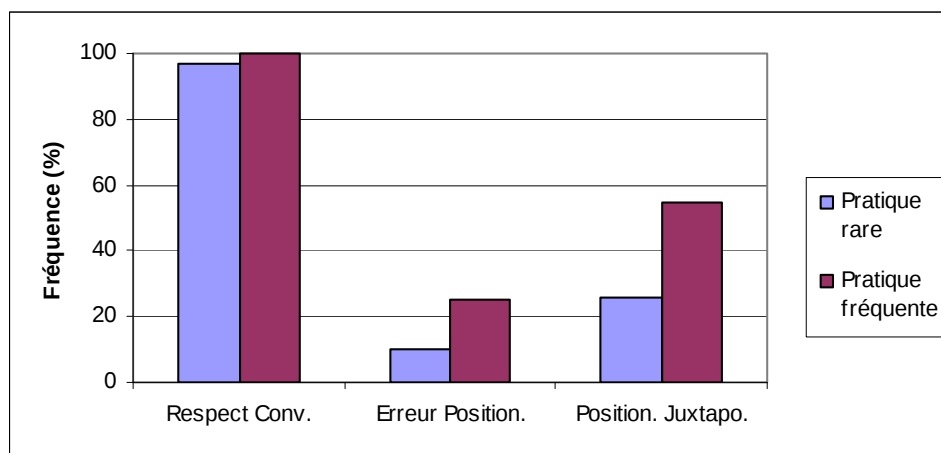


Figure 128 : Fréquence du respect des conventions dans les dessins, des erreurs de positionnement et des positionnements par juxtaposition en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

Aucune différence significative n'est mise en évidence pour l'ensemble de ces critères, $t_s(9) < 1.4$, $p_s > .15$.

➤ Qualité du dessin

La fréquence de proportions adéquates dans le dessin (Propor. Adéquate), de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants (Reco. (sans titre)) et de rajout d'éléments de contexte (Elém. Contexte), en fonction du niveau de pratique de livres tactiles, est présentée dans la Figure 129. La fréquence de dessins par transparence n'est pas représentée car aucun enfant n'a produit ce type de dessin.

Ici encore, le niveau de pratique de lecture de livres tactiles n'influence pas significativement les performances de dessin en ce qui concerne ces trois critères, $t_s(9) < 1$, $p_s > .30$. Les effets observés descriptivement vont par ailleurs dans un sens non attendu a priori (meilleures performances lors de pratique rare du livre tactile).

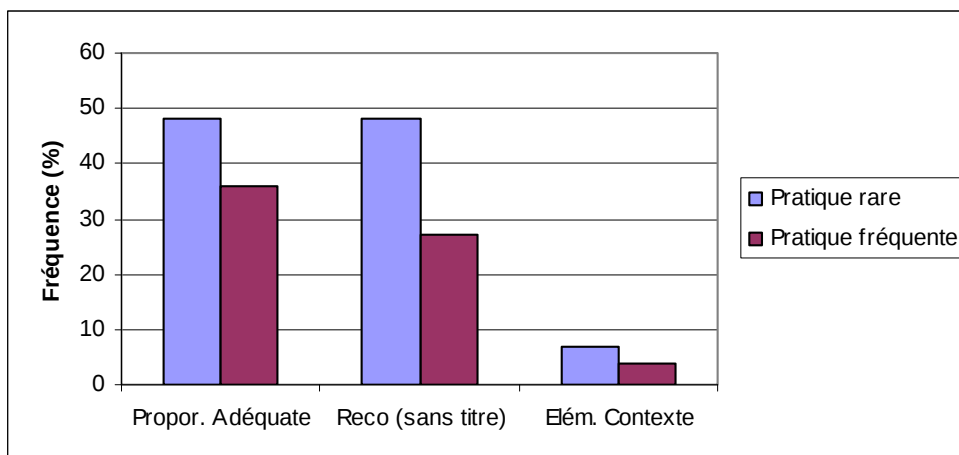


Figure 129 : Fréquence de proportions adéquates dans le dessin, de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants et de rajout d'éléments de contexte, en fonction du niveau de pratique de livres tactiles.

Les scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissance des titres (Reco. (avec titre)) et pour la qualité artistique (Qualité Artist.), en fonction du niveau de pratique, sont présentés dans la Figure 130.

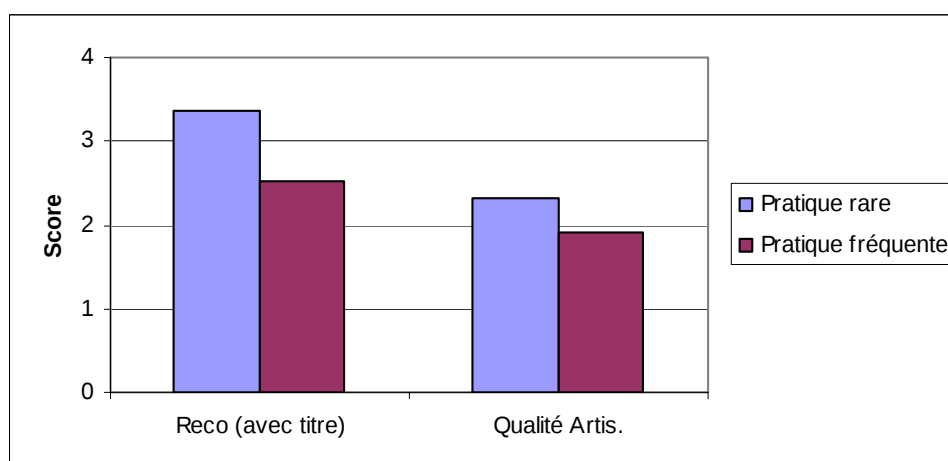


Figure 130 : Scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissances des titres et pour la qualité artistique en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

Aucune différence significative selon le niveau de pratique n'apparaît pour ces critères, $t_s(9) < -1.1$, $p_s > .20$.

➤ Point de vue privilégié

La Figure 131 présente la fréquence d'un point de vue canonique (Pt Vue Canon.), d'un point de vue de la main qui explore (Pt vue Main), d'un mélange de points de vue (Mélange Pt vue), d'une représentation d'un profil à gauche (Profil Gauche), d'un procédé de rabattement (Proc. Rabatt.) et de perspective (Perspec.) en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

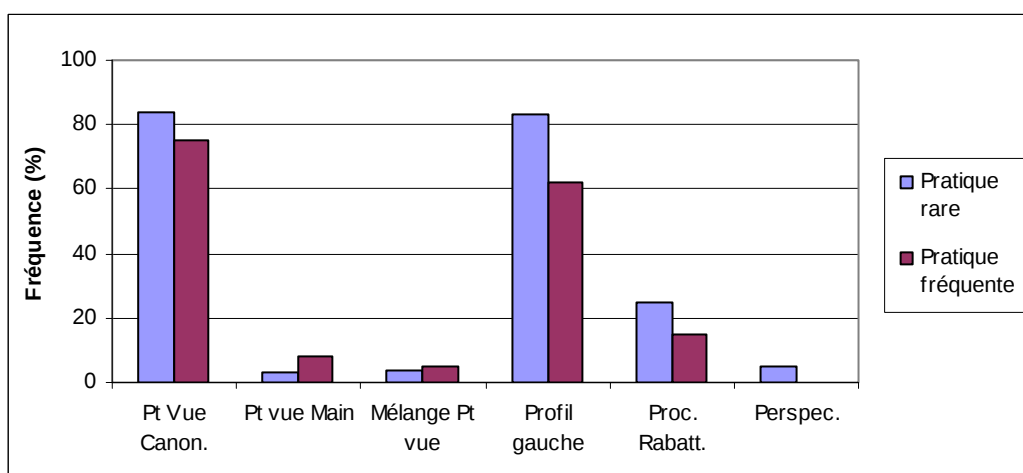


Figure 131 : Fréquence d'un point de vue canonique, d'un point de vue de la main qui explore, d'un mélange de points de vue, d'une représentation d'un profil à gauche, d'un procédé de rabattement et de perspective en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

Les analyses ne révèlent pas d'effet significatif du niveau de pratique de lecture de livres tactiles pour la présence d'un point de vue canonique, $t(9) < 1$, d'un point de vue de la main qui explore, $t(9) = 1.5$, $p > .15$, d'un mélange de points de vue, $t(9) < 1$, d'une représentation d'un profil à gauche, $t(6) < -1$, d'un procédé de rabattement, $t(8) < -1$, et de perspective, $t(9) = -1.1$, $p > .20$.

➤ Correspondance entre les productions graphiques et le niveau sémantique

Le nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles sont représentés dans la Figure 132.

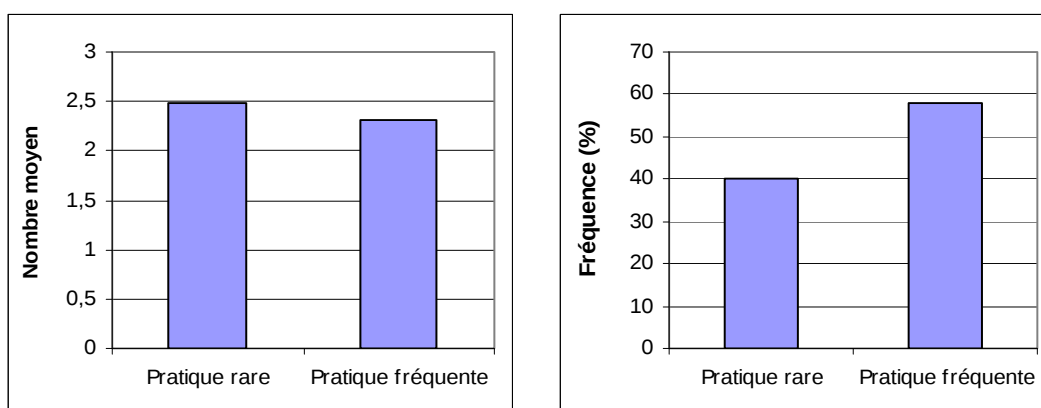


Figure 132 : Nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau de pratique de lecture de livres tactiles.

Aucune différence significative du niveau de pratique de lecture de livres tactiles n'est à signaler à nouveau, $t_s(9) < 1$, $p_s > .30$.

Investiguons maintenant l'effet possible du matériel utilisé pour dessiner.

2.4.3. Influence du type de matériel (papier vs planche Dycem)

Deux types de matériel ont été utilisés par les enfants aveugles : des feuilles de papier ou des planches Dycem. L'échantillon est constitué de l'ensemble des sujets aveugles, âgés de 6 à 14 ans, répartis équitablement dans deux groupes : seize enfants ont utilisé des feuilles (quatre enfants de 6-7 ans, quatre enfants de 8-9 ans, cinq enfants de 10-11 ans et trois enfants de 12-13-14 ans ; moyenne d'âge : 10,1 ans et écart-type de l'âge 30 mois) et seize autres enfants ont utilisé les planches Dycem (quatre enfants de 6-7 ans, quatre enfants de 8-9 ans, trois enfants de 10-11 ans et cinq enfants de 12-13-14 ans ; moyenne d'âge : 9,9 ans et écart-type de l'âge 25 mois). Il est important de souligner que les aveugles en cécité absolue (catégorie 5 de l'OMS) utilisent majoritairement les planches Dycem que les feuilles pour dessiner, $t(30) = 2.3$, $p < .05$. Ainsi, cette variable (type de matériel) est en grande partie redondante avec une autre variable analysée ci-après, le niveau de cécité de l'enfant.

➤ Nature des productions (dessin vs gribouillage)

La Figure 133 présente la fréquence de dessins (vs gribouillages) en fonction du type de matériel.

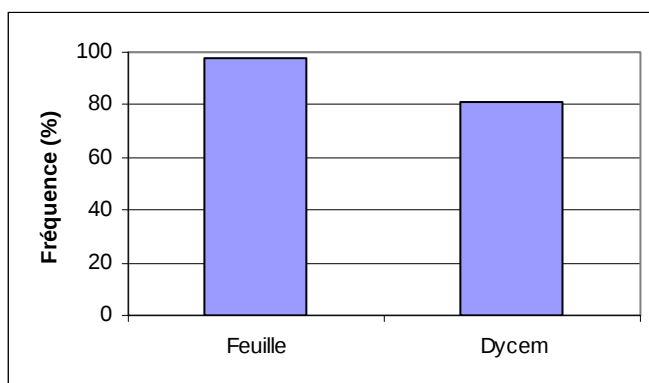


Figure 133 : Fréquence de dessins (vs gribouillages) en fonction du type de matériel (feuille vs planche Dycem).

Aucune différence significative du type de matériel n'apparaît pour la production de dessins, $t(30) = -1.7$, $p = .10$. Néanmoins, elle est plus fréquente lorsque les enfants utilisent des feuilles plutôt que des planches Dycem.

➤ Positionnement dans l'espace

La Figure 134 présente la fréquence du respect des conventions dans les dessins (Respect Conv.), des erreurs de positionnement (Erreur Position.) et des positionnements par juxtaposition (Position. Juxtapo.) en fonction du type de matériel.

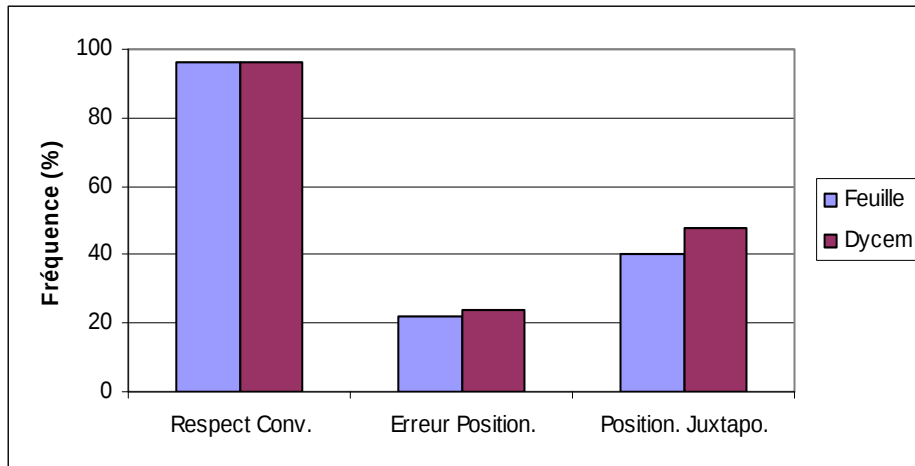


Figure 134 : Fréquence du respect des conventions dans les dessins, des erreurs de positionnement et des positionnements par juxtaposition, en fonction du type de matériel.

Comme le montre la Figure 134, la présence de respect des conventions, d'erreurs de positionnement et d'un positionnement par juxtaposition ne varient pas significativement en fonction du type de matériel, $t_s(27) < 1$, $p > .50$.

➤ Qualité du dessin

La fréquence de proportions adéquates dans le dessin (Propor. Adéquate), de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants (Reco. (sans titre)) et de rajout d'éléments de contexte (Elém. Contexte), en fonction du niveau du type de matériel utilisé, est présentée dans la Figure 135.

Les analyses ne montrent pas d'influence significative du type de matériel sur la présence de proportions adéquates et de dessins reconnaissables (sans avoir connaissance des consignes données à l'enfant), $t_s(27) < 1$. En revanche, les enfants utilisant des feuilles (8%) rajoutent plus souvent des éléments de contexte dans leurs dessins que les enfants utilisant les planches Dycem (3%), $t(27) = -2.1$, $p < .05$.

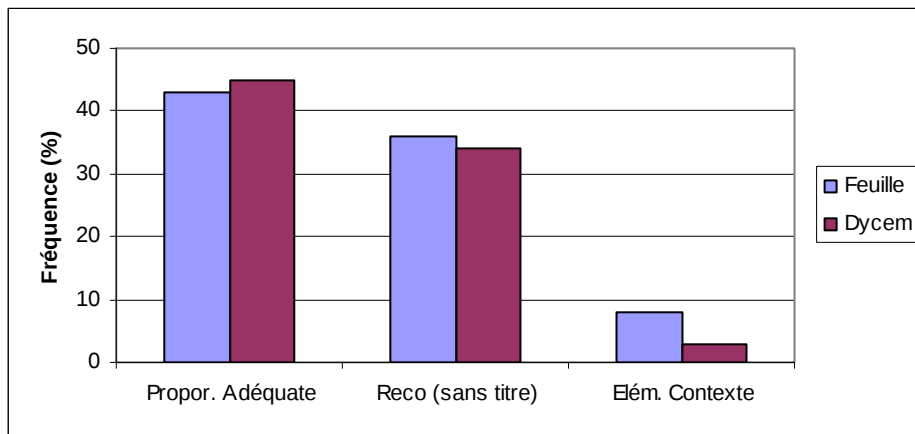


Figure 135 : Fréquence de proportions adéquates dans le dessin, le dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants et de rajout d'éléments de contexte, en fonction du niveau du type de matériel utilisé.

Les scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissance des titres (Reco (avec titre)) et pour la qualité artistique (Qualité Artist.), en fonction du type de matériel, sont présentés dans la Figure 136.

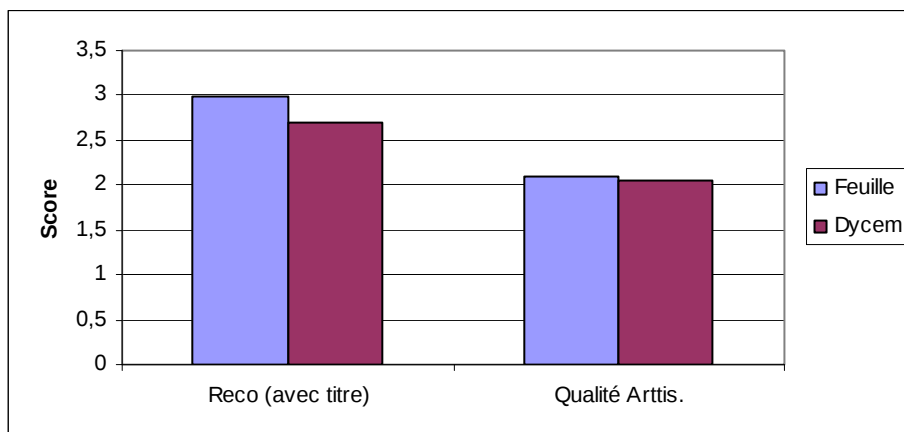


Figure 136 : Scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissances des titres et pour la qualité artistique en fonction du type de matériel.

Pour ces deux critères, aucun effet du type de matériel n'est mis en évidence, $t_s(27) < -1$, $p_s > .40$.

➤ Point de vue privilégié

La Figure 137 présente la fréquence d'un point de vue canonique (Pt Vue Canon.), d'un point de vue de la main qui explore (Pt vue Main), d'un mélange de points de vue (Mélange Pt vue), d'une représentation d'un profil à gauche (Profil Gauche), d'un procédé de rabattement (Proc. Rabatt.) et de perspective (Perspec.) en fonction du type de matériel.

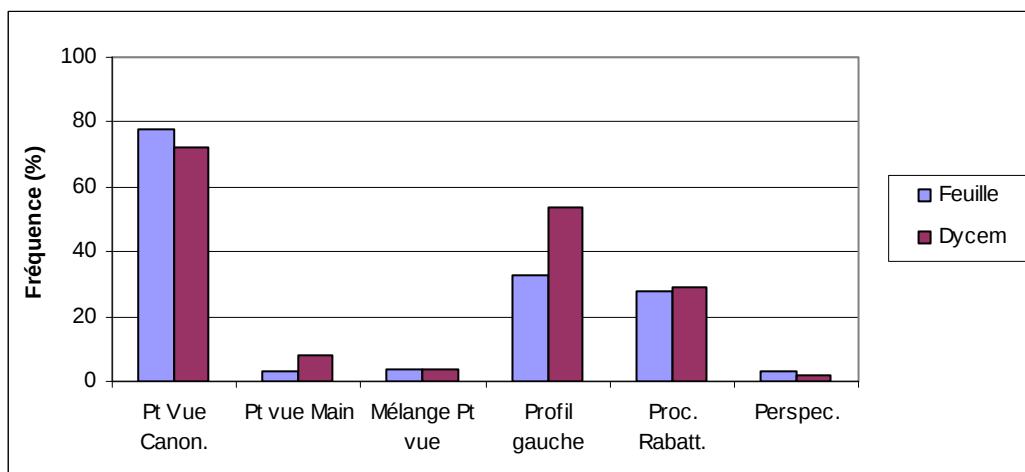


Figure 137 : Fréquence d'un point de vue canonique, d'un point de vue de la main qui explore, d'un mélange de points de vue, d'une représentation d'un profil à gauche, d'un procédé de rabattement et de perspective en fonction du type de matériel.

Les analyses ne révèlent pas de différence significative selon le type de matériel sur la présence d'un point de vue canonique, $t(27) < -1$, d'un mélange de points de vue, $t(27) < -1$, d'une représentation d'un profil à gauche, $t(21) = 1$, $p > .20$, d'un procédé de rabattement, $t(25) < 1$, et de perspective, $t(27) < -1$. En revanche, un effet tout juste significatif indique que les enfants utilisant les planches Dycem représentent plus souvent les objets selon le point de vue de la main qui explore que les enfants utilisant les feuilles (8 % vs 3 %), $t(27) = 2$, $p = .05$.

➤ Correspondance entre les productions graphiques et le niveau sémantique

Le nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau du type de matériel sont représentés dans la Figure 138.

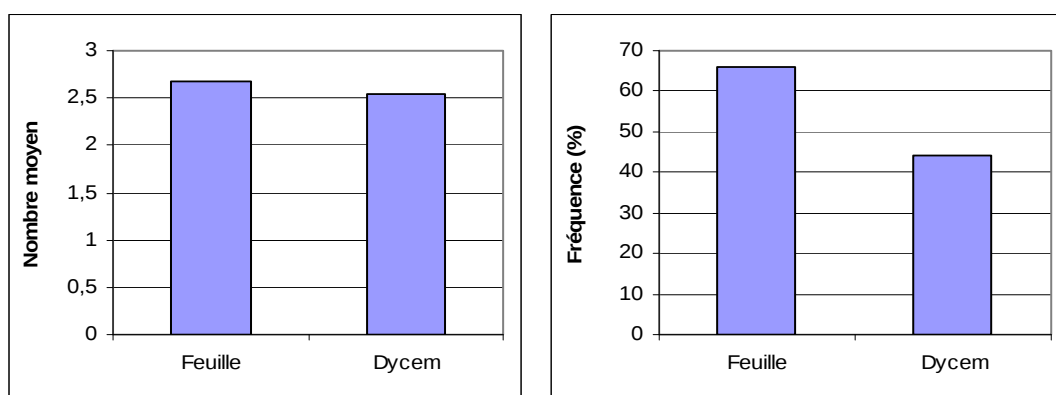


Figure 138 : Nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau du type de matériel.

Le type de matériel utilisé n'influence pas significativement le nombre d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales, $t(27) < -1$, $p > .60$. Toutefois, les éléments sont plus souvent cités et dessinés dans le même ordre lorsque les enfants utilisent des feuilles (66%) pour dessiner plutôt que des planches Dycem (43%), $t(27) = -2.4$, $p < .05$.

La dernière variable dont nous investiguerons l'effet possible est celle de gravité du déficit visuel.

2.4.4. Effet de la catégorie OMS (catégorie 4 ou 5) à laquelle les enfants appartiennent

Les enfants considérés comme aveugles appartiennent aux catégories 4 et 5 décrites par l'OMS (cf. Annexe 1, p. 288). Seuls les enfants de la catégorie 5 présentent une cécité absolue. Nous cherchons à savoir si les performances de dessin diffèrent selon la gravité du trouble visuel de l'enfant. L'échantillon est constitué de vingt-quatre enfants dont douze enfants appartiennent à la catégorie 4 (Moyenne d'âge : 9,9 ans ; Ecart-type de l'âge : 29 mois) et douze autres appartiennent à la catégorie 5 (Moyenne d'âge : 9,11 ans ; Ecart-type de l'âge : 30 mois). Dans les quatre groupes d'âge (6-7 ans, 8-9 ans, 10-11 ans, 12-13-14 ans), trois enfants appartiennent à la catégorie 4, et trois autres enfants à la catégorie 5. Les caractéristiques des enfants de catégorie 4 et 5 se trouvent respectivement dans les Tableaux 30 et 31.

Tableau 30 : Caractéristiques des enfants de catégorie 4.

Sujet	Age réel (en année et en mois)	Sexe	Pays	Latéralité
1	6,8	M	France	G
2	7,7	M	Belgique	D
3	7,8	F	France	G
4	8	M	France	D
5	8,5	F	France	D
6	8,10	F	Québec	D
7	10,2	M	France	D
8	11,2	F	France	D
9	11,6	M	Québec	D
10	12	F	France	D
11	12,8	F	France	D
12	14,01	M	Suisse	G

Tableau 31 : Caractéristiques des enfants de catégorie 5.

Sujet	Age réel (en année et en mois)	Sexe	Pays	Latéralité
1	6,2	F	Québec	D
2	7,7	M	France	D
3	7,8	M	Niger	D
4	8	F	France	D
5	8,5	F	France	D
6	9,1	F	France	D
7	10,2	F	Suisse	D
8	11,3	M	Québec	D
9	11,6	M	France	D
10	12,1	F	Belgique	D
11	13,4	F	France	D
12	14,6	M	France	D

➤ **Nature des productions (dessin vs gribouillage)**

La Figure 139 présente la fréquence de production de dessins (vs gribouillage) chez les enfants de catégorie OMS 4 (C4) et les enfants de catégorie OMS 5 (C5).

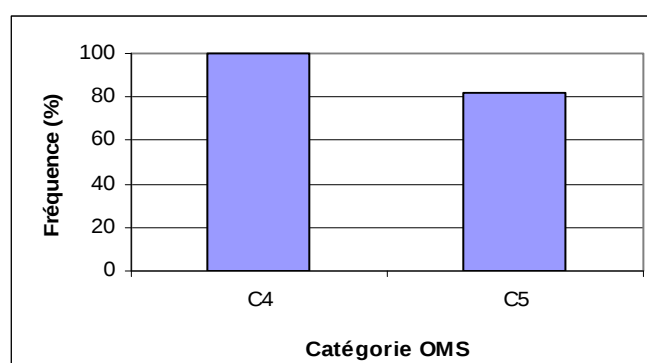


Figure 139 : Fréquence de production de dessins (vs gribouillage) en fonction de la catégorie OMS.

Aucune différence significative n'apparaît entre les enfants de catégorie OMS 4 et 5 pour la production de dessins, $t(22) = 1.6$, $p > .10$.

➤ **Positionnement dans l'espace**

La Figure 140 présente la fréquence du respect des conventions dans les dessins (Respect Conv.), des erreurs de positionnement (Erreur Position.) et des positionnements par juxtaposition (Position. Juxtapo.) en fonction de la catégorie OMS.

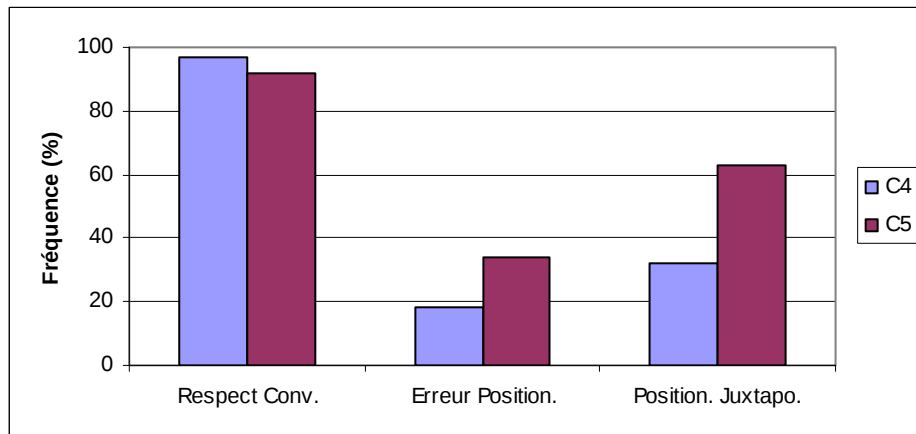


Figure 140 : Fréquence du respect des conventions dans les dessins, des erreurs de positionnement et des positionnements par juxtaposition en fonction de la catégorie OMS.

Un effet très tendanciel est mis en évidence pour la présence d’erreurs de positionnement, plus fréquentes dans les dessins des enfants de catégorie 5 (34%) que dans ceux des enfants de catégorie 4 (18%), $t(20) = -1.7$, $p = .09$. Les positionnements par juxtaposition sont plus nombreux chez les enfants de catégorie 5 (63%) que chez ceux de catégorie 4 (32%), $t(20) = -2.4$, $p < .05$. En revanche, aucun effet significatif n’est mis en évidence pour le respect des conventions, $t(20) = 1.1$, $p > .20$.

➤ Qualité du dessin

La fréquence de proportions adéquates dans le dessin (Propor. Adéquate), de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants (Reco. (sans titre)) et de rajout d’éléments de contexte (Elém. Contexte) en fonction de la catégorie OMS, est présentée dans la Figure 141.

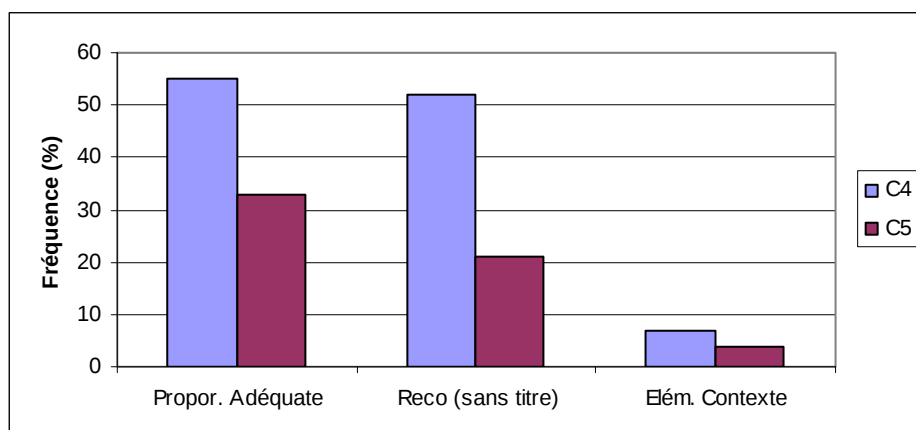


Figure 141 : Fréquence de proportions adéquates dans le dessin, de dessins reconnaissables sans avoir connaissance des consignes données aux enfants et de rajout d’éléments de contexte en fonction de la catégorie OMS.

Les enfants de catégorie 5 produisent moins souvent de proportions adéquates et de dessins reconnaissables (33% et 21%) que ceux de catégorie 4 (55% et 52%), $t_s(20) > 2.2$, $p_s < .05$. En revanche, la fréquence de rajout d'un élément de contexte ne diffère pas entre les catégories 4 et 5 de l'OMS, $t(20) = 1.1$, $p > .20$.

Les scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissance des titres (Reco (avec titre)) et pour la qualité artistique (Qualité Artist.) en fonction de la catégorie OMS, sont présentés dans la Figure 142.

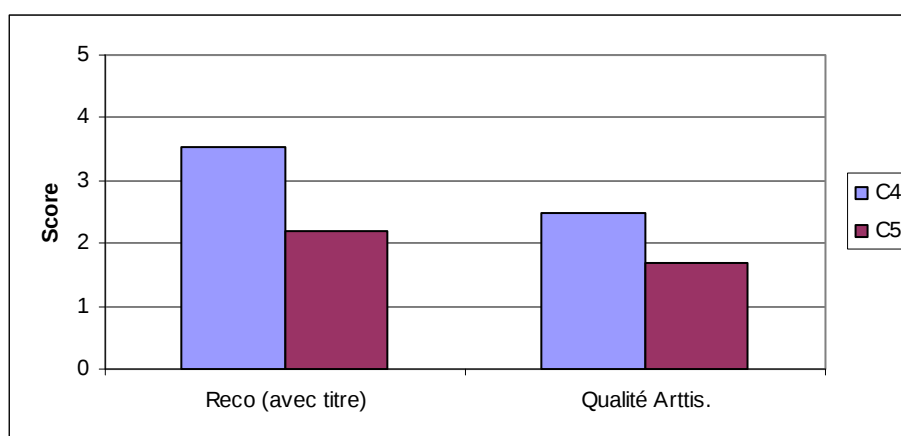


Figure 142 : Scores obtenus pour la reconnaissabilité des dessins en ayant connaissances des titres et pour la qualité artistique en fonction de la catégorie OMS.

Les dessins reconnaissables sont plus fréquents chez les enfants de catégorie 4 que chez ceux de catégorie 5 ($M = 3.5$ vs $M = 2.2$), $t(20) = 3.3$, $p < .01$. De même, les dessins des enfants de catégorie 4 possèdent une qualité artistique supérieure à ceux de catégorie 5 ($M = 2.5$ vs $M = 1.7$), $t(20) = 3.2$, $p < .01$.

➤ **Point de vue privilégié**

La Figure 143 présente la fréquence d'un point de vue canonique (Pt Vue Canon.), d'un point de vue de la main qui explore (Pt vue Main), d'un mélange de points de vue (Mélange Pt vue), d'une représentation d'un profil à gauche (Profil Gauche), d'un procédé de rabattement (Proc. Rabatt.) et de perspective (Perspec.) en fonction de la catégorie OMS.

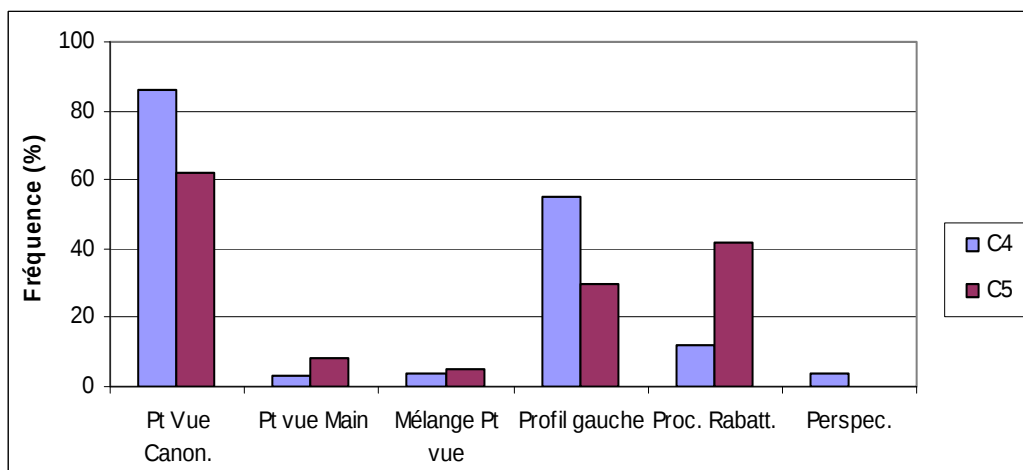


Figure 143 : Fréquence d'un point de vue canonique, d'un point de vue de la main qui explore, d'un mélange de points de vue, d'une représentation d'un profil à gauche, d'un procédé de rabattement et de perspective en fonction de la catégorie OMS.

Le point de vue canonique est plus fréquent dans les dessins des enfants de catégorie 4 (86%) que dans ceux de catégorie 5 (62%), $t(20) = 3.3$, $p < .01$. A l'inverse, le point de vue de la main qui explore a tendance à être davantage représenté par les enfants de catégorie 5 (8%) que par ceux de catégorie 4 (3%), $t(20) = -1.9$, $p = .07$. De même, le procédé de rabattement est plus utilisé par les enfants de catégorie 5 (42%) que ceux de catégorie 4 (12%), $t(19) = -2.4$, $p < .05$. En revanche, aucun effet significatif de la catégorie OMS n'apparaît pour le mélange de points de vue, la représentation des profils à gauche et pour la production de perspective, respectivement $t(20) < -1$, $t(16) = 1.1$, $p > .20$ et $t(20) = 1.3$, $p > .15$.

➤ Correspondance entre les productions graphiques et le niveau sémantique

Le nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction du niveau de la catégorie OMS sont représentés dans la Figure 144.

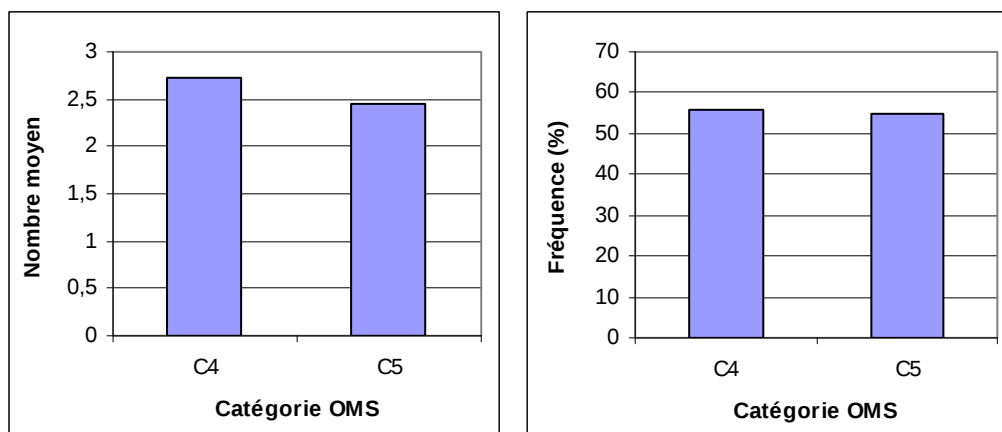


Figure 144 : Nombre moyen d'éléments en commun entre les dessins et les descriptions verbales (à gauche) ainsi que la fréquence d'un ordre commun des éléments cités lors des descriptions et dessinés (à droite) en fonction de la catégorie OMS.

Aucun effet significatif de la catégorie OMS n'apparaît pour ces deux critères, $t_s(20) < 1$, $p_s > .40$.

L'analyse des dessins produits a révélé une influence du statut visuel de l'enfant en ce qui concerne le positionnement dans l'espace, la qualité des dessins, et le point de vue privilégié. Nous allons maintenant examiner si la réalisation syntaxique des dessins est également influencée par le statut visuel de l'enfant. Nous étudierons le développement avec l'âge de l'application de plusieurs règles syntaxiques et de la construction des dessins chez les enfants voyants, malvoyants et aveugles (l'échantillon considéré est celui décrit p. 175 et p. 176, formé de 32 enfants aveugles, 32 enfants malvoyants et 32 enfants voyants).

3. Analyse de la syntaxe

Des ANOVAS avec l'Age des sujets (4 : 6-7, 8-9, 10-11, 12-13-14 ans), le Statut visuel (3 : aveugle, malvoyant, voyant) comme facteurs inter-sujets ont été réalisées sur la production de dessin en lignes de contour, le respect des règles de départ gauche et haut, de progression centre-périphérie et du SRP, ainsi que sur la production de dessin en continuité. Quand cela semblait s'imposer, des tests de Student ont été réalisés dans chaque groupe d'enfants.

■ Production de dessins de contour (vs dessins constructionnels)

La Figure 145 présente l'évolution avec l'âge de la production de dessins en lignes de contour chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

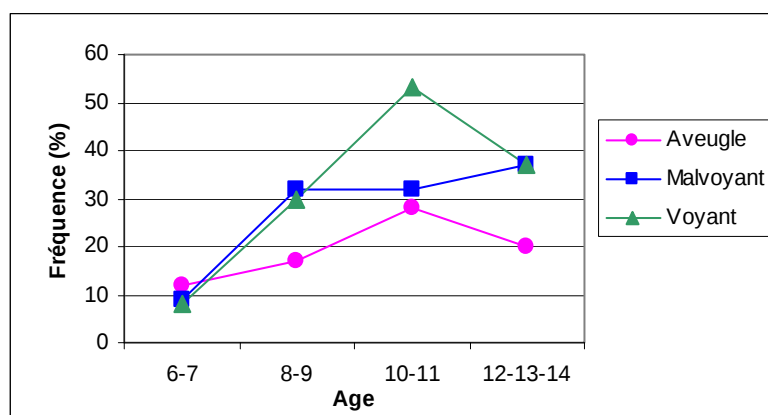


Figure 145 : Evolution avec l'âge de la production de dessins de contour chez des enfants aveugles, malvoyants et voyants.

La production de dessins en lignes de contour augmente avec l'âge, $F(3,75) = 5$, $p < .01$. Une telle augmentation apparaît chez les enfants malvoyants entre 6-7 ans et 10-13-14 ans, $t(14) = -3.8$, $p < .01$,

mais pas chez les enfants aveugles, la différence entre 6-7 ans et 10-11 ans n'étant pas significative, $t(19) < -1$, $p > .40$. Les enfants voyants vont eux aussi réaliser plus souvent des dessins en lignes de contour avec l'âge, surtout entre 6-7 ans et 10-11 ans, $t(14) = -4.8$, $p < .01$. La diminution entre 10-11 ans et 12-13-14 ans observée dans la Figure 145 n'apparaît pas significative, $t(14) = 1.5$, $p > .15$. Aucun effet du statut visuel n'est mis en évidence, $F(2,75) = 1.9$, $p > .10$. Néanmoins, les enfants aveugles produisent moins fréquemment de dessins en lignes de contour que les enfants voyants, $F(1,75) = 3.8$, $p = .05$.

▪ Respect de la règle de départ à gauche et en haut

L'évolution avec l'âge du respect des règles de départ à gauche et en haut, en fonction du statut visuel, est présentée dans la Figure 146.

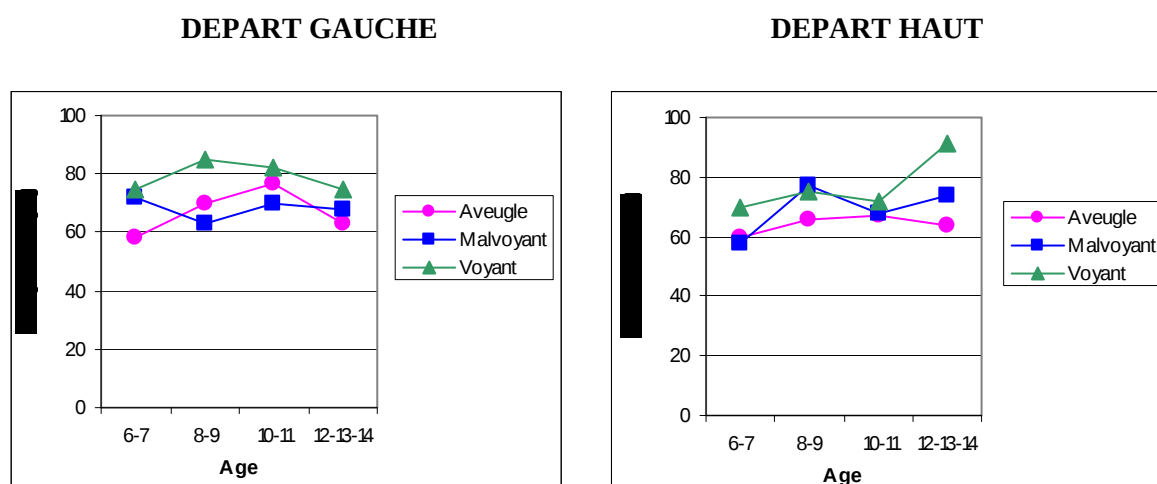


Figure 146 : L'évolution avec l'âge du respect des règles de départ à gauche et en haut, en fonction du statut visuel.

Comme nous pouvons le voir sur la Figure 146, les règles de départ à gauche et en haut sont respectées à tous les âges (respectivement $> 62\%$ et $> 68\%$) et leur fréquence ne diffère pas en fonction de l'âge, $F_s(3,80) < 1.8$, $p_s > .10$. Les analyses révèlent un effet significatif du statut visuel pour la règle de départ à gauche, $F(2,80) = 3.5$, $p < .05$, et un effet tendanciellement significatif pour le départ en haut, $F(2,80) = 2.9$, $p = .06$. Ce sont les enfants voyants qui respectent le plus fréquemment ces règles tandis que les enfants aveugles sont ceux qui les appliquent le moins souvent. La fréquence d'application de la règle de départ en haut chez les enfants malvoyants et voyants ne se différencie pas significativement, $F(1,80) = 2.3$, $p > .10$. En revanche, l'application de la règle à gauche est plus fréquente chez les enfants voyants que malvoyants, $F(1,80) = 4.8$, $p < .05$.

▪ Respect de la règle de progression du centre vers la périphérie

L'évolution avec l'âge de l'application de la règle de progression du centre vers la périphérie, en fonction du statut visuel des enfants, est présentée dans la Figure 147.

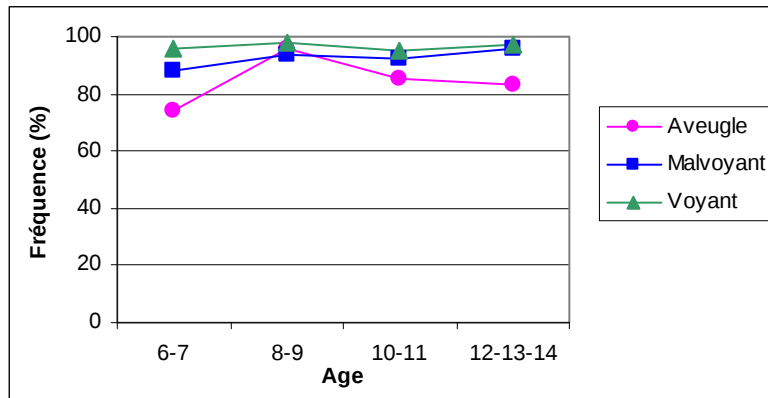


Figure 147 : Evolution avec l'âge de l'application de la règle de progression du centre vers la périphérie en fonction du statut visuel des enfants.

Aucun effet de l'âge n'apparaît, $F(3,79) < 1$. La règle de progression du centre vers la périphérie est respectée à tous les âges ($> 86\%$). Les enfants aveugles sont ceux qui l'appliquent le moins souvent (84%) alors que les enfants voyants respectent cette règle presque tout le temps (97%), $F(2,79) = 5.3$, $p < .01$. Les fréquences d'application de cette règle chez les enfants voyants et malvoyants ne se différencient pas significativement, $F(1,79) = 1.3$, $p > .10$.

▪ Application du SRP

La Figure 148 présente l'évolution avec l'âge de fréquence d'application du SRP chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

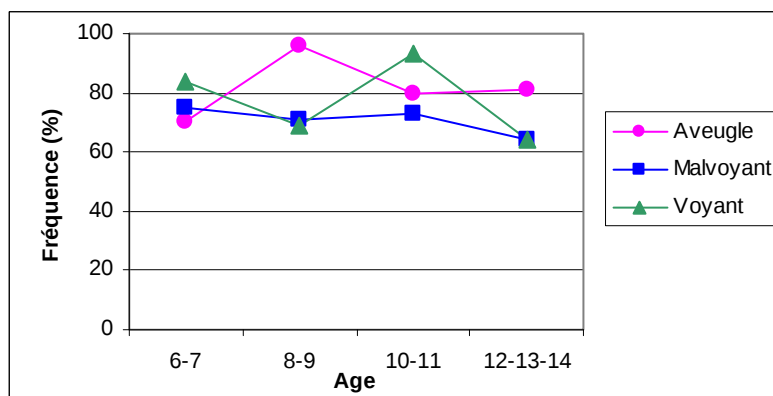


Figure 148 : Evolution avec l'âge de fréquence d'application du SRP chez les enfants aveugles, malvoyants et voyants.

Aucun effet de l'âge n'apparaît, $F(3,78) < 1$. De même, aucun effet du statut visuel n'est mis en évidence $F(2,78) < 1$. Ce principe est appliqué quel que soit l'âge et le statut visuel ($M = 77\%$).

▪ Continuité des tracés

La Figure 149 présente l'évolution avec l'âge de la production de tracés en continu en fonction du statut visuel des enfants.

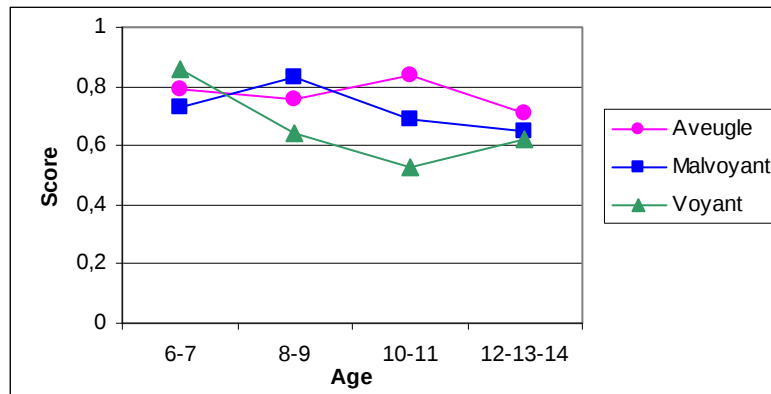


Figure 149: Evolution avec l'âge de la production de tracé continu en fonction du statut visuel des enfants.

Le score de continuité a tendance à diminuer avec l'âge, passant de 79% à 6-7 ans à 66% à 12-13-14 ans, $F(3,80) = 2.6$, $p = .06$. Cette diminution significative du score de continuité est confirmée chez les enfants voyants, $t(14) = 4.9$, $p < .01$. Chez les enfants malvoyants, une diminution entre 8-9 ans et 12-13-14 ans est également observée, $t(14) = 2.1$, $p = .05$. En revanche, aucune différence entre les âges n'est mise en évidence chez les enfants aveugles $t_s(14) < 1$, $p_s > .50$. Le score de continuité a également tendance à être plus élevé chez les enfants aveugles (77%) que chez les enfants voyants (66%), $F(2,80) = 3$, $p = .05$. Enfin, un effet d'interaction entre l'âge et le statut visuel indique que la différence entre les groupes d'enfants est faible à 6-7 ans et 12-13-14 ans, alors que les enfants aveugles de 10-11 ans tracent davantage en continuité que ceux voyants, $F(6,80) = 2.3$, $p < .05$.

DISCUSSION

L'objectif de cette étude est d'étudier le développement des productions graphiques à travers ses aspects symboliques et syntaxiques, ainsi que les représentations mentales élaborées par des enfants voyants, malvoyants et aveugles. Pour cela, une tâche de dessin et de descriptions verbales ont été proposées aux enfants âgés de 6-7 ans à 12-13-14 ans. Différents types d'objets ont été sélectionnés pour ces tâches : des objets manipulables (banane, verre, brosse à dents), des objets non manipulables (maison, lit, arbre), des objets non appréhendables (soleil, pluie), des animaux familiers (oiseau, chien, poisson) et le bonhomme.

La première partie de cette discussion concerne le développement avec l'âge des descriptions verbales en fonction du statut visuel et du type d'objets. La seconde partie porte sur le développement avec l'âge du dessin pour les différents types d'objets chez les enfants voyants, malvoyants et aveugles. Enfin, la dernière partie s'intéresse au développement avec l'âge des aspects syntaxiques du dessin en fonction du statut visuel.

1. Développement des descriptions verbales en fonction de l'âge et du type d'objets chez les enfants voyants, malvoyants et aveugles

L'analyse des descriptions verbales permet d'accéder aux aspects cognitifs des représentations mentales élaborées par les enfants. Nous verrons tout d'abord les similitudes entre les descriptions réalisées par les enfants voyants, malvoyants et aveugles. Puis, nous analyserons les différences dans les concepts élaborés en fonction du statut visuel des enfants. Enfin, nous chercherons à savoir si les enfants aveugles ont une connaissance plus restreinte de leur corps et de leur environnement que les enfants voyants et malvoyants.

1.1. Similitudes entre les descriptions réalisées par les enfants voyants, malvoyants et aveugles

Pour définir les objets, les enfants procèdent quasiment tous de la même manière. Ils font très souvent la liste des constituants, ou un peu moins fréquemment, décrivent une caractéristique sensorielle de l'objet (surtout pour les objets non appréhendables) et de ses propriétés. Viennent ensuite les définitions par conceptualisation, les descriptions du contexte (surtout pour les objets non appréhendables et les animaux) et des fonctions de l'objet. Les définitions par défaut ou par comparaison sont assez rares chez tous les enfants. De la même manière, les définitions par l'évidence (pour le bonhomme essentiellement) sont peu produites par tous les enfants et diminuent avec l'âge.

Par ailleurs, conformément à notre hypothèse, les enfants aveugles, comme les enfants voyants, énoncent davantage de définitions par conceptualisation avec l'âge (essentiellement pour les objets animés : bonhomme à 8-9 ans et animaux à partir de 8-9ans).

Les connaissances conceptuelles des objets ne semblent pas non plus différer en fonction du statut visuel. Comme attendu, les enfants aveugles indiquent des caractéristiques visuelles de l'objet, comme le font les enfants voyants et malvoyants. Lorsqu'ils évoquent des caractéristiques visuelles, les aveugles font référence à la couleur de l'objet ou à des caractéristiques telles que la lumière, la brillance, la transparence... L'emploi de termes visuels par les aveugles est qualifié de verbalisme car ils n'ont aucune base sensorielle pour eux. Clusforth (1932, 1951) pensait que le verbalisme exprimait une pensée floue. Or, conformément à notre hypothèse et aux résultats de Millar (1983), les enfants emploient ces termes de manière appropriée, spontanément et sans se tromper. Contrairement aux résultats rapportés par Anderson (1984), les enfants aveugles et les enfants malvoyants font aussi souvent référence au nom de la couleur que les voyants. Il faut néanmoins noter que l'étude d'Anderson a été réalisée sur un échantillon d'enfants plus petit (10 enfants aveugles et 10 enfants voyants) et qu'il est difficile de généraliser ces résultats comme le soulignait lui-même Anderson. Par ailleurs, les enfants participant à son étude étaient globalement plus jeunes (entre 3 et 9 ans) que ceux de notre expérience (entre 6-7 et 12-13-14 ans).

1.2. Différences entre les descriptions réalisées des enfants voyants, malvoyants et aveugles

Néanmoins, les résultats révèlent un certain nombre de différences en fonction du statut visuel. Comme attendu, les résultats montrent que les concepts des enfants se réfèrent à des bases de données sensorielles différentes, correspondant à leur propre moyen d'expérimenter les objets et de créer des images. En effet, les enfants voyants et malvoyants évoquent plus souvent les caractéristiques visuelles des objets que les enfants aveugles car ils construisent leurs représentations essentiellement à travers leur expérience visuelle directe. La vision est la modalité perceptive qui permet d'obtenir le plus grand nombre d'informations et de manière quasi immédiate. Les aveugles privés de ce sens utilisent les autres modalités perceptives pour remplacer la vision. Nos résultats indiquent qu'ils font davantage référence aux caractéristiques tactiles et auditives des objets. Cela confirme ce qu'avait montré Anderson (1984) avec un échantillon d'enfants plus restreint et globalement plus jeunes. Le toucher est la modalité perceptive la plus capable de remplacer la vision dans le sens où il permet de renseigner (plus ou moins bien) sur presque toutes les propriétés des objets auxquelles la vision accède : forme, localisation, taille, orientation... (Hatwell, 2003). L'audition est également une modalité perceptive importante pour les aveugles car elle apporte des informations spatiales (localisation de l'emplacement de diverses sources) et permet de reconnaître les objets (un chien peut être reconnu par son aboiement par exemple).

Ainsi, le langage des enfants exprime bien les concepts qu'ils se sont forgés à partir de leurs expériences perceptives spécifiques, conformément à ce que suggéraient Anderson et Olson (1981). La définition des objets non appréhendables par les enfants voyants, malvoyants et aveugles est un bon exemple de ce résultat. En effet, les enfants voyants et malvoyants font davantage référence aux caractéristiques visuelles que les enfants aveugles. En revanche, les enfants aveugles utilisent plus souvent des attributs tactiles et auditifs que les autres enfants lors de la description de ces objets (par exemple : « *on peut entendre tomber la pluie dehors ; la pluie est froide ; le soleil nous réchauffe le visage...* »).

Par ailleurs, comme discuté par Anderson (1984) et comme nous l'avions supposé, les représentations construites par les enfants aveugles sont investies d'une signification personnalisée en rapport avec les rencontres antérieures avec les objets. En effet, les aveugles ont tendance à faire davantage référence à leurs expériences personnelles pour définir un objet, jusqu'à 10-11 ans. Leur manière de définir les objets est également plus concrète que celle des enfants voyants et malvoyants, comme l'indiquent des références plus fréquentes aux constituants des objets. A l'inverse, les représentations des enfants malvoyants et voyants sont plus abstraites, la désignation des propriétés de l'objet et les définitions par conceptualisation étant plus fréquentes chez eux que chez les enfants aveugles.

Les enfants déficients visuels, surtout lorsqu'ils sont jeunes, définissent plus souvent les objets manipulables par leurs fonctions que les objets non manipulables, tandis qu'aucune différence entre ces objets n'apparaît chez les enfants voyants. A l'inverse, les objets non manipulables sont plus souvent définis par leurs propriétés que les objets manipulables par les enfants aveugles. Ces résultats indiquent que la manipulation tactile chez les plus jeunes fait davantage ressortir le caractère fonctionnel des différents objets. En effet, en général, les enfants aveugles vont être au contact de ces objets dans un contexte précis et pour une raison précise en rapport avec leur fonction. Par exemple, un enfant aveugle va être au contact de la brosse à dents uniquement lorsqu'il va vouloir se brosser les dents. En revanche, un enfant voyant voit la brosse à dents dans la salle de bain chaque fois qu'il va se laver les mains.

1.3. Les enfants aveugles ont-ils une connaissance plus restreinte de leur corps et de l'environnement que les enfants voyants et malvoyants?

Kephart et coll. (1974) ont effectué une étude différentielle de l'ordre d'acquisition des concepts se rapportant à l'image corporelle de soi et à la représentation de l'environnement (maison, ville, jardin, rue) chez des enfants aveugles et voyants. Ils ont montré que les enfants aveugles ont des concepts plus restreints et fragmentés d'eux-mêmes et de leur environnement que les enfants voyants. Dans notre étude, on note que le nombre de constituants cités pour la description du bonhomme est plus

important chez les aveugles que les autres enfants. Cela révèle que les enfants aveugles ont une connaissance précise du corps humain, contrairement à ce que suggéraient Kephart et coll. (1974). Il faut souligner que leur expérience a été réalisée chez des enfants plus jeunes (5 à 7 ans) que ceux qui ont participé à notre étude (6-7 à 12-13-14 ans). Bien que les aveugles soient privés d'une grande partie de l'information utilisable par les voyants, nous pensons que la proprioception musculaire et articulaire leur permet d'élaborer une image de leur corps, comme les voyants et les malvoyants.

De plus, l'analyse de la nature des éléments cités pour les différents objets indique qu'il n'y a quasiment pas de différence entre les enfants. Ainsi, les informations que les enfants aveugles possèdent des objets ne sont pas plus restreintes que de celles des autres enfants, même lorsqu'il s'agit d'objets peu ou pas tangibles (c'est-à-dire peu accessibles à l'expérience perceptive des aveugles), tels que la maison, l'arbre, le lit, le soleil et la pluie. Anderson et Olson (1981) avaient montré une différence dans la définition d'objets qui sont plus ou moins tangibles chez des enfants aveugles de 3 à 10 ans. Dans leur étude, les objets les plus tangibles pouvaient être pris dans une main (clef, stylo, balle...) tandis que les objets les moins tangibles étaient moins basés sur les perceptions et davantage fonctionnels (maison, rue, bus...). Ils ont montré que les objets les moins tangibles étaient décrits avec moins d'attributs que les objets tangibles. Dans notre expérience, nous n'avons pas comptabilisé le nombre d'attributs que les enfants énonçaient pour décrire les objets. Néanmoins, l'analyse d'autres aspects des descriptions ne montre pas de différences entre les objets tangibles et non tangibles auxquelles on pourrait donner du sens. Les objets non appréhendables et manipulables sont ceux qui sont le moins souvent définis par leurs constituants et dont les éléments cités sont les moins nombreux. Ce résultat n'est pas étonnant car ce sont des objets plus simples ou comportant peu de choses à décrire, comparativement aux objets non manipulables (maison, arbre, lit). De la même façon, les objets non appréhendables et manipulables sont plus souvent définis par leurs caractéristiques sensorielles que les objets non manipulables.

Les résultats révèlent donc une bonne connaissance de l'environnement tangible ou non chez les enfants de notre étude. Les enfants déficients visuels ont accès aux mêmes connaissances que les enfants voyants grâce à la scolarisation, ainsi qu'aux explications et descriptions que les personnes de leur entourage, généralement voyantes, leur font de l'environnement. Toutefois, les objets que nous avons demandés à l'enfant de décrire sont moins complexes que ceux proposés Kephart et coll. (1974). En effet, il s'agit d'objets uniques, tandis que Kephart et coll. demandaient aux enfants de décrire un environnement complexe, composé de plusieurs objets tels qu'une ville, un jardin et une rue.

2. Développement du dessin avec l'âge en fonction du statut visuel et des différents types d'objets

Nous chercherons à savoir si les performances de dessin des enfants déficients visuels sont équivalentes à celles d'enfants voyants. Puis, nous nous intéresserons aux différents facteurs pouvant influencer les performances de dessin chez les enfants aveugles.

2.1. Les performances de dessin d'objets familiers des enfants déficients visuels sont-elles équivalentes à celles d'enfants voyants ?

A tous les âges, les enfants malvoyants et voyants produisent uniquement des dessins. En revanche, il faut attendre 8-9 ans pour que cela soit le cas chez les enfants non-voyants, la présence de gribouillages étant notable jusqu'alors (39%), conformément à notre hypothèse. Néanmoins, il faut souligner que la moitié des gribouillages possède des tracés avec une directionnalité logique avec l'objet. La présence de gribouillages confirme la difficulté du contrôle tactile de l'exécution du dessin. Les jeunes enfants aveugles (6-7 ans) vont produire plus souvent des gribouillages car cela ne nécessite pas de suivi des lignes par une main tandis que l'autre dessine. Néanmoins, comme attendu, les enfants aveugles sont capables de produire majoritairement des dessins, certaines règles de représentation graphique pouvant être appliquées, telle que l'utilisation de la ligne pour représenter les bords d'un objet, conformément à ce que suggère Kennedy (1997). De même, la convention graphique consistant à positionner le haut de l'objet vers le haut de la feuille est appliquée chez les enfants déficients visuels comme les enfants voyants, et ce dès 6-7 ans. Ce résultat est contraire à celui observé dans l'étude de Millar (1975) qui montre des erreurs de positionnement dans le dessin du bonhomme (positionnements inversés ou horizontaux) réalisés par des enfants aveugles de 6 à 10 ans. En revanche, il se rapproche davantage de l'étude de Kennedy (1997, 2000) dans laquelle les sujets aveugles avaient une bonne compréhension de l'orientation de différents profils, à savoir que ce qui est en haut dans le champ d'observation doit être représenté également en haut sur le plan vertical. Millar (1971) avait aussi montré que les performances de dessin (en terme de reconnaissabilité, cohésion, nombre de parties principales de corps) pour le bonhomme ne différaient pas entre les aveugles et voyants lorsque les enfants étaient plus âgés (10 ans). Dans notre étude, on retrouve cette absence de différence pour le dessin du bonhomme entre les enfants pour le critère de reconnaissabilité mais à 12-13-14 ans seulement.

L'ensemble de ces résultats confirme que l'expérience visuelle n'est pas indispensable pour la production de dessin (Kennedy, 1993, 1997, 2000 ; Kennedy et al., 1991). Conformément à ce que suggèrent Kennedy et ses collaborateurs (Heller & Kennedy, 1990 ; Kennedy, 1997, 2003 ; Kennedy

et al., 1991) et D'Angiulli et Maggi (2003), nos résultats montrent que le toucher permet d'accéder à des principes spatiaux à l'instar de la vision. En effet, les enfants aveugles, comme les autres enfants représentent différents points de vue dans leurs dessins (point de vue de face, de haut, de profil), ainsi qu'un procédé de rabattement, indiquant qu'ils ont quelques notions liées à la perspective des objets.

En revanche, contrairement aux enfants voyants, les enfants aveugles n'introduisent pas de perspective dans leur dessin. A l'inverse, ils produisent davantage de procédé de rabattement que les autres enfants, conformément à notre hypothèse. Il faut souligner qu'il s'agit de dessins spontanés. De ce fait, l'absence de perspective ne signifie pas pour autant qu'ils soient incapables de représenter la perspective dans un autre contexte. Pour Heller et coll. (1995, 1996, 2002), les performances moindres dans le dessin de la perspective suggèrent que les aveugles ignorent les règles de transcription de l'espace 3D en espace 2D. Cette interprétation n'est pas confirmée par nos résultats qui indiquent que la pratique de dessin et de lecture de livres tactiles n'influence pas la production de perspective, ni l'application d'un procédé de rabattement. On remarque également la présence de perspective dans le dessin des malvoyants, bien que celle-ci soit moins fréquente que chez les enfants voyants. Ce résultat est surprenant car l'étude d'Heller et coll. (2002) a montré de meilleures performances chez des adultes malvoyants que chez des sujets aveugles et voyants travaillant sans voir dans la production de dessins d'un objet tridimensionnel. Cette différence de résultats avec nos études pourrait provenir de la tâche. En effet, dans l'étude d'Heller et coll., les expérimentateurs demandaient explicitement aux sujets de reproduire le correctement possible la perspective, tandis que ce n'est pas le cas ici où la perspective est produite spontanément. Cela pourrait aussi révéler que les enfants malvoyants utilisent moins souvent un cadre de référence exocentré que les adultes malvoyants.

Par ailleurs, comme attendu, le point de vue de la main qui explore est représenté dans le dessin des aveugles uniquement, tandis que la représentation canonique d'un objet est plus fréquente dans le dessin des enfants voyants et malvoyants que dans celui des enfants aveugles. La représentation des objets selon le point de vue de la main qui explore est toutefois diminuée par la pratique du dessin. Ces résultats montrent que l'expérience visuelle, bien que non indispensable pour le dessin, est néanmoins facilitatrice puisqu'elle induit le même mode de représentation chez les enfants voyants et malvoyants, tandis que les aveugles vont se distinguer quant à la représentation des points de vue.

L'expérience visuelle permet également d'obtenir de meilleures performances en ce qui concerne le positionnement dans l'espace et la qualité des dessins. En effet, conformément à notre hypothèse, les erreurs de positionnement et le positionnement des éléments par juxtaposition dans l'espace sont plus fréquentes dans le dessin des aveugles que dans celui des malvoyants et des voyants. Millar (1975) avait également montré que la cohésion entre les différentes parties du corps dessinées était moins importante chez les enfants aveugles que chez les voyants. En revanche, dans son étude, cette

différence disparaît chez les enfants plus âgés (10 ans), ce qui n'est pas le cas dans notre recherche. La méthode de cotation peut être invoquée pour rendre compte de cette divergence. En effet, la taille des unités prises en compte dans la cotation était différente : Millar considérait des « parties » constituées d'un ensemble de tracés tandis que notre étude se focalise sur le trait lui-même. De plus, lorsque deux traits n'étaient pas reliés, nous avons considéré qu'il y avait un juxtapositionnement dans l'espace, quelle que soit la distance qui séparait les traits. En revanche, Millar considérait un manque de cohésion lorsque les tracés étaient séparés de 5 mm ou plus.

Le statut visuel a également un effet important sur la qualité des dessins. En effet, les proportions adéquates sont significativement plus importantes dans les dessins des enfants malvoyants et voyants que dans ceux des enfants aveugles. Comme attendu, les dessins des enfants voyants et malvoyants (qui ne diffèrent pas entre eux) sont plus souvent reconnus (quand ils sont évalués avec connaissance ou non de la consigne donnée à l'enfant) que ceux des enfants aveugles. L'étude de D'Angiulli et Maggi (2003) avait également révélé un faible pourcentage de dessins reconnus. Chez les enfants aveugles seulement, les objets non manipulables sont moins souvent dessinés de manière reconnaissable. Cette différence avec les autres enfants n'est pas étonnante car seuls les aveugles ont une expérience perceptive plus limitée avec ces objets. Ainsi, même si cette différence n'a pas été mise en évidence par les descriptions verbales, l'analyse des dessins réalisés par les voyants indique que la représentation que les aveugles ont élaborée des objets non manipulables correspond moins aux représentations construites par des voyants.

La qualité artistique des dessins des enfants aveugles est également inférieure à celle des dessins des autres enfants. Néanmoins, cette différence n'est pas présente chez les plus jeunes enfants (6-7 ans). Malchiodi (1998) a défini six étapes majeures du développement artistique chez les enfants voyants. Ce n'est qu'à partir de la 4^{ème} étape, entre 7 et 9 ans, que les enfants voyants vont commencer à représenter la profondeur, d'abord en utilisant l'espace au-dessus et au-dessous de l'objet, puis, lors d'une 5^{ème} étape (9-12 ans), en tentant de produire de la perspective. De plus, à cette étape, les enfants vont représenter de plus en plus de détails dans leur dessin. Ainsi, la moins bonne qualité artistique des dessins des aveugles à partir de 8-9 ans pourrait provenir de leur difficulté à représenter la profondeur dans leur dessin mais également de leur tendance à introduire moins souvent des éléments de contexte que les autres enfants.

2.2. De quels facteurs dépendent les performances de dessin chez les enfants aveugles ?

Bien que le toucher soit capable de renseigner sur les principes spatiaux (comme le montre la présence de points de vue différents et de procédé de rabattement dans les dessins), il faut rappeler qu'il est moins performant pour traiter les propriétés spatiales (Lederman et Klatzky, 1997). De plus, un mode

d'exploration différent de l'environnement entre le toucher et la vision a des conséquences sur le développement des représentations spatiales. En effet, le système haptique est un système de contact et ne permet pas d'appréhender autant d'informations sur les objets extérieurs que le système visuel. De plus, les aveugles précoces, mêmes adultes, ont tendance à utiliser un cadre de référence égocentré, référé à leur propre corps (Millar, 1988, 1994), tandis qu'en vision le cadre de référence est de manière prépondérante allocentré, c'est-à-dire en référence à des indices extérieurs stables, présents dans son environnement visuel. Précédemment, nous avons proposé que les différences dans le développement des représentations spatiales seraient en partie à l'origine des différences de performances de dessin entre les aveugles et les autres enfants. D'autres résultats viennent confirmer cette interprétation. En effet, les résultats montrent qu'une privation totale de la vue (catégorie 5 de la classification de l'OMS) a une influence importante sur les performances liées aux critères spatiaux. Les erreurs de positionnement des différents éléments et les positionnements des tracés par juxtaposition dans l'espace sont plus fréquents chez les enfants atteints de cécité absolue que chez ceux ayant des restes visuels. De même, les proportions des éléments sont moins souvent correctes chez les enfants atteints de cécité absolue. De ce fait, les dessins les moins souvent reconnus sont ceux réalisés par les enfants en cécité totale. Par ailleurs, la privation de la vue va aussi influencer le mode de représentation de l'objet, ce dernier est moins souvent dessiné de manière canonique par les enfants en cécité totale que par les enfants aveugles ayant des restes visuels. De même, le procédé de rabattement est plus fréquent chez les enfants en cécité totale.

La cécité n'est pas le seul facteur pouvant influencer les performances de dessin. Les études de D'Angiulli et Maggi (2003) et D'Angiulli et coll. (2008) suggèrent que le développement du dessin est davantage lié à la pratique du dessin qu'à l'apprentissage de conventions picturales comme le pensait Millar (1975). D'Angiulli et coll. (2008) ont demandé à des enfants aveugles congénitaux de faire des dessins pendant une période de neuf mois. Sans cours de dessin, ils ont dessiné des objets tels qu'une voiture, des humains, des arbres et des fleurs. Au cours des neuf mois, le nombre et la complexité des concepts représentationnels (tels que le mouvement, la profondeur, le contour par exemple) ont augmenté et la structure des tracés (gribouillage, cercle, ligne droite ou courbé, jonction des lignes...) s'est également améliorée, sans que les enfants aient eu recours à des modèles. Nos résultats indiquent également que certains aspects du dessin sont liés à la pratique du dessin. En effet, les enfants ayant une pratique fréquente du dessin produisent davantage de dessins que de gribouillages. A l'inverse, les enfants dessinant rarement réalisent plus souvent des gribouillages que les autres. De plus, le positionnement des tracés par juxtaposition est moins fréquent chez les enfants dessinant souvent que chez ceux qui dessinent rarement. Bien que les effets ne soient pas significatifs, on observe davantage de dessins reconnaissables, contenant des proportions adéquates et avec une qualité artistique supérieure chez les enfants pratiquant souvent le dessin que chez ceux le pratiquant rarement. L'absence d'effet significatif pourrait provenir de l'hétérogénéité ou de la taille de l'échantillon mais

également de la manière de coder le niveau de pratique du dessin. Dans certains cas, ce sont les professeurs ou éducateurs qui ont défini le niveau de pratique du dessin des enfants et dans d'autres cas, ce sont les enfants eux-mêmes qui l'ont indiqué.

L'influence du type de matériel utilisé par les enfants pour dessiner a également été analysé. L'utilisation des planches Dycem, permettant la prise de repères spatiaux, ne facilite pas le dessin comparé à l'utilisation des feuilles de papier, comme l'indique l'absence d'effet significatif pour la plupart des critères analysés. Les résultats soulignent au contraire la difficulté de dessiner avec un contrôle tactile. En effet, la production de dessins (vs gribouillage) et le rajout d'éléments de contexte sont moins fréquents chez les enfants qui utilisent les planches Dycem que chez ceux utilisant les feuilles. Par ailleurs, les enfants qui utilisent les planches Dycem sont ceux qui représentent le plus souvent le point de vue de la main qui explore dans leurs dessins. Il faut noter que la majorité des enfants qui utilisent les planches Dycem sont également ceux dont le trouble visuel est le plus important (cécité absolue).

Enfin, le dernier facteur évalué concerne le niveau de pratique de lecture de livres tactiles. Les résultats ne révèlent aucun effet significatif. Cela laisse suggérer qu'une pratique fréquente de lecture de livres tactiles, donc une familiarité plus importante avec les conventions visuelles, ne permet pas d'améliorer la qualité des dessins, ce qui serait contraire aux conclusions de Millar (1975). Cependant l'absence d'effets significatifs pourrait être dû à la diversité de la méthode de codage du niveau de pratique de lecture de livres tactiles, comme c'est le cas pour le niveau de pratique du dessin. Par ailleurs, il est possible que les enfants n'aient pas rencontré dans les livres tactiles tous les objets que nous leur avons demandés de dessiner. De ce fait, on ne peut pas affirmer que l'apprentissage de conventions visuelles par la lecture n'influence pas le développement du dessin.

3. Evolution avec l'âge de l'application des règles syntaxiques en fonction du statut visuel

A l'instar de Bouaziz, Russier et Magnan (2005), nous pensons que l'application des règles syntaxiques n'est pas déterminée par l'imagerie visuelle. Les résultats confirment notre hypothèse car l'ensemble des règles syntaxiques étudiées ici (départ haut, départ gauche, SRP, règle de progression du centre vers la périphérie) sont respectées chez tous les enfants, dès 6-7 ans, conformément au développement décrit chez les enfants voyants dans la littérature (Goodnow & Levine, 1973 ; Meulenbroek et al., 1993 ; Vinter, 1994). Néanmoins, les enfants voyants appliquent davantage la règle de départ en haut et à gauche que les enfants aveugles. Ce résultat peut être mis en lien avec la

nature des références spatiales utilisées pour calibrer le mouvement en direction, les enfants aveugles utilisant des références égocentrées et les enfants voyants recourant à des références exocentrées.

Par ailleurs, la règle de progression du centre vers la périphérie est moins présente chez les enfants aveugles que chez les autres enfants. Cela pourrait indiquer que l'organisation du comportement graphique des enfants aveugles est davantage centrée sur les règles syntaxiques que sur des principes sémantiques. Nous pensons qu'une organisation du dessin à un niveau local est probablement privilégiée par les enfants aveugles qui utilisent les planches Dycem pour dessiner. En effet, les résultats ont montré que le statut visuel des enfants n'a pas d'effet sur la fréquence d'un ordre commun entre les éléments cités et les éléments dessinés, mais qu'en revanche, l'utilisation des planches Dycem pour dessiner diminue la fréquence d'un ordre commun. Afin de ne pas perdre les repères spatiaux lors de l'exécution du dessin, les enfants aveugles privilégieraient une organisation locale en ancrant leurs tracés sur les tracés précédents, plutôt qu'une organisation influencée par des principes top-down. De ce fait, la continuité des tracés est plus importante chez les aveugles que chez les voyants et elle ne diminue pas avec l'âge comme chez les enfants voyants et malvoyants.

Enfin, les résultats révèlent un développement différent du type de dessins produits en fonction du statut visuel. Conformément à la littérature (Freeman, 1980), une augmentation avec l'âge des dessins en lignes de contour est observée uniquement chez les enfants malvoyants et voyants. En revanche, contrairement aux résultats de D'Angiulli & Maggi (2003), cette évolution du style compositionnel n'est pas retrouvée chez les enfants aveugles. La différence dans notre approche du développement (longitudinale chez D'Angiulli & Maggi et transversale dans la nôtre) pourrait être à l'origine de ces résultats contradictoires. La présence de dessins en lignes de contour est moins importante chez les enfants aveugles, ces derniers produisant davantage de dessins constructionnels que les autres enfants et réalisant également plus fréquemment des dessins par juxtaposition.

Les résultats indiquent que les connaissances que les enfants possèdent des différents objets diffèrent peu en fonction du statut visuel. En revanche, l'analyse du dessin montre que les enfants aveugles n'ont pas toujours les mêmes représentations que les enfants malvoyants et voyants qui ne se distinguent pas entre eux. Enfin, les résultats révèlent que le développement de la syntaxe est globalement moins influencé par le statut visuel de l'enfant que celui du dessin.

DISCUSSION GENERALE

DISCUSSION GENERALE

Deux axes ont été développés dans ce travail de recherche. Le premier concerne l'étude des représentations graphiques à partir d'une exploration haptique ou visuelle de formes non familières chez des enfants voyants, malvoyants et aveugles. Le second porte sur l'étude des représentations graphiques et des descriptions verbales d'objets familiers chez ces enfants. L'un des objectifs de la thèse était de compléter les travaux sur la perception haptique chez l'enfant en relation avec l'activité de dessin. La première partie de cette discussion générale s'intéressera donc au traitement haptique chez des enfants voyants travaillant sans voir, malvoyants et voyants, tandis que la seconde partie examinera les caractéristiques syntaxiques et symboliques des dessins produits suite à une exploration haptique. Le second objectif de notre travail, plus pédagogique, s'intéressait aux représentations élaborées par des enfants aveugles à partir du toucher, afin d'aider les concepteurs de livres tactiles à créer des illustrations adaptées à leurs déficits visuels. Ainsi, dans une troisième partie, nous analyserons ce que l'étude du dessin révèle sur la nature des représentations construites par les enfants aveugles. Puis, nous chercherons à savoir, dans une quatrième partie, dans quelle mesure ces représentations correspondent ou non à celles des enfants voyants. Nous terminerons cette discussion par des propositions concrètes pour améliorer les images tactiles.

1. Traitement haptique en fonction du statut visuel des enfants

1.1. Lien entre traitement des images tactiles et exploration haptique

Les trois premières expériences indiquent que le traitement haptique des images tactiles est fortement lié à la qualité de l'exploration haptique et aux procédures exploratoires mises en œuvre. En effet, chez les enfants malvoyants et voyants, l'oubli est moins fréquent lorsque les formes sont explorées entièrement. De plus, une exploration complète, bimanuelle et avec un nombre élevé de stratégies s'accompagnent de la production graphique de formes reconnaissables et du dessin des parties saillantes des modèles explorés chez les enfants voyants et malvoyants. Chez les enfants aveugles également, de bonnes performances pour ces deux critères sont trouvées lorsqu'un nombre important de stratégies différentes est utilisé (rappelons que tous effectuent par ailleurs une exploration complète et bimanuelle). Enfin, chez tous les enfants, (quel que soit leur statut visuel), l'utilisation de mouvements symétriques et de la pince est également associée à un traitement efficace de la forme, traduit par de bonnes performances de production de formes reconnaissables et de parties saillantes.

Lederman et Klatzky (1987, 1990) ont montré que le suivi de contour est la stratégie la plus optimale pour le traitement de la forme. Dans notre étude, l'emploi de cette stratégie chez les enfants déficients

visuels améliore leurs performances de traitement de la forme. En revanche, ce n'est pas le cas chez les enfants voyants. Il faut garder à l'esprit que cette stratégie a été démontrée aux enfants voyants avant de commencer l'expérimentation. Ainsi, bien que la majorité des enfants (dès 4 ans) la mettent en œuvre, il est fort possible qu'elle ne soit pas utilisée de manière efficace par tous. En effet, Piaget et Inhelder (1947) ont montré qu'un développement était nécessaire pour que le suivi de contour soit utilisé avec une méthode opératoire permettant un traitement efficace de la forme. Ainsi, si le suivi de contour est réalisé sans système (point de référence permettant des retours en arrière) et de façon incomplète, il est compréhensible que cette stratégie ne favorise pas de bonnes performances. De ce fait, la différence entre les enfants voyants et déficients visuels pourrait provenir de la qualité du suivi de contour mis en œuvre.

Toutefois, on ne peut pas non plus dire que d'avoir fourni aux jeunes enfants cette procédure de suivi de contour lors de la consigne n'ait pas eu d'effet positif. En effet, chez tous les enfants, l'emploi du suivi de contour a favorisé l'élaboration d'une représentation globale de l'objet, ce qui se caractérise par la production de dessins fermés chez les voyants et par une diminution de dessins constructionnels chez les enfants déficients visuels. De même, les enfants aveugles produisent moins de dessins par juxtaposition dans l'espace en utilisant le suivi de contour. Ainsi, cette stratégie apporte des informations importantes aux jeunes enfants, relatives à la singularité de la forme. Par contre, elle nécessite probablement un développement cognitif plus mature pour favoriser plus précisément le traitement de la forme ou alors un entraînement important dû à la condition de privation visuelle.

La stratégie de balayage de la surface, quant à elle, ne va pas de pair avec de bonnes performances. Chez les enfants voyants, elle entraîne davantage de dessins constructionnels, d'assimilations à une autre forme et de reproductions ouvertes. Chez les enfants aveugles, son utilisation est associée à la production d'éléments juxtapositionnés dans l'espace, ainsi qu'à de moins bonnes performances relativement à la production de formes reconnaissables et de parties saillantes. Chez les enfants malvoyants, le traitement de la taille est défavorisé lorsque le balayage de la surface est employé. Ces faibles performances s'expliquent par la spécialisation du balayage pour le traitement des propriétés matérielles et non pour celles géométriques. Cette stratégie est en fait adaptée au traitement de la texture, la dureté et la température d'un objet (Lederman & Klatzky, 1987).

Par ailleurs, chez les enfants voyants uniquement, les résultats indiquent que le traitement de la taille est facilité par une exploration complète de la forme et avec nombre élevé de stratégies, alliant plus particulièrement le suivi de contour et l'enveloppement de formes locales. En revanche, aucune stratégie spécifique n'est associée à un traitement efficace de la taille chez les enfants déficients visuels, lesquels parviennent à des performances aussi bonnes que les voyants de ce point de vue. Pour ce qui concerne les enfants aveugles, nous pouvons faire l'hypothèse qu'ils utilisent tous de manière efficace les stratégies

exploratoires permettant un traitement aussi efficace que possible de certaines propriétés géométriques des objets. Ces stratégies deviendraient ainsi peu discriminatives par rapport à certains aspects des performances de l'enfant. Dans le cas des enfants voyants, on peut suggérer que ce sont ceux qui associent suivi de contour, enveloppement de formes locales et exploration complète de la forme qui réussissent à tirer profit de cette stratégie de suivi de contour pour traiter une propriété physique de l'objet telle que la taille.

1.2. Capacités de traitement haptique de la dimension géométrique de l'objet

Notre recherche confirme que le toucher permet d'accéder aux propriétés géométriques, à l'instar de la vision. En effet, les enfants voyants travaillant sans voir, malvoyants et aveugles ont été capables de produire un dessin d'une forme non familière explorée haptiquement. Les résultats révèlent des performances intéressantes dans la condition tactile (quel que soit le statut visuel de l'enfant), bien que la supériorité de la condition visuelle soit claire à tout âge pour le traitement de la forme. Par contre, pour ce qui concerne le traitement de la taille, la modalité haptique n'est pas systématiquement inférieure à celle visuelle.

Une analyse effectuée sur les différentes formes pour les critères de taille, de formes reconnaissables et de parties saillantes révèle que chez tous les enfants, ce sont les formes 5  et 6  qui donnent lieu globalement aux performances les moins bonnes. Nous pouvons noter que ces formes sont les seules à être asymétriques. En vision, un effet facilitateur de la symétrie a été démontré (Bornstein & Stiles-Davis, 1984). Les résultats obtenus dans la modalité visuelle de notre étude vont dans ce sens, ainsi que ceux de la modalité tactile, contrairement à certaines données de la littérature. En effet, Locher et Simmons (1978) ont montré, avec des polygones plats plus ou moins complexes, que le nombre d'erreurs d'identification était plus important et le temps de détection moins rapide pour des figures symétriques qu'asymétriques. De même, Ballasteros et coll. (1997) ont observé que les formes bidimensionnelles non symétriques sont détectées haptiquement plus vite et avec moins d'erreurs que les formes symétriques. Néanmoins, ils trouvent un effet facilitateur de la symétrie dans une condition d'exploration bimanuelle. Ces auteurs expliquent ce résultat par la possibilité d'avoir accès à un nouveau cadre de référence uniquement lors d'une exploration bimanuelle. En effet, dans ce cas, les deux index sont placés de part et d'autre de l'axe médian du corps permettant l'accès à un cadre de référence médian exocentré. De plus, l'exploration bimanuelle de formes symétriques permet une économie de traitement de l'information, du fait de la redondance des informations de part et d'autre de l'axe de symétrie, ce qui n'est pas le cas pour une forme asymétrique car le cerveau n'a pas la capacité d'analyser en même temps deux informations de nature différente. Les enfants voyants et déficients visuels dans nos recherches mettent de fait en œuvre plus fréquemment une stratégie de

mouvements symétriques pour l'exploration des formes symétriques dont l'axe de symétrie est vertical que pour celle des formes non symétriques. Il serait intéressant d'effectuer d'autres recherches afin de savoir s'il conviendrait de privilégier une construction symétrique ou asymétrique des images bidimensionnelles pour faciliter leur traitement.

Les formes géométriques qui conduisent à de meilleures performances (quel que soit le statut visuel) sont les formes 1  et 3 . Nous pouvons noter que sont les deux seules formes qui sont à la fois symétriques et qui ne possèdent aucune partie concave. Les recherches de Kappers et coll. (1994) avaient montré que les formes concaves entraînaient de moins bonnes performances que les formes convexes.

Nous montrons que, globalement, les performances en modalité tactile ne diffèrent pas selon le statut visuel de l'enfant. Lederman et coll (1990) ont pourtant trouvé de meilleures performances chez les voyants travaillant sans voir que chez les aveugles précoces dans la reconnaissance d'images bidimensionnelles d'objets familiers. De même, Heller (1989) a montré de meilleures performances chez des aveugles tardifs que chez les aveugles précoces. Ces différences de performances pourraient s'expliquer par la possibilité d'un traitement des images par médiation visuelle présente uniquement chez les voyants travaillant sans voir et les aveugles tardifs. Toutefois, comme nous l'avons souligné auparavant, ce modèle de traitement ne peut pas être utilisé dans notre étude par les enfants voyants travaillant sans voir ou par les enfants malvoyants car nous avons utilisé des formes non familières dans nos trois premières expériences, pour lesquelles ils ne possèdent donc pas de représentation visuelle a priori. De ce fait, tous les enfants ont recours à un traitement par appréhension haptique directe, ce qui expliquerait l'absence de différences dans les performances en modalité tactile selon le statut visuel de l'enfant. Ce résultat souligne d'ailleurs les faiblesses du traitement, dans les images bidimensionnelles, des propriétés géométriques et spatiales par le système haptique, qui nécessitent d'être compensées par l'utilisation, de propriétés plus facilement accessibles par le toucher, comme les propriétés matérielles.

2. Développement du dessin en fonction du statut visuel des enfants

2.1. Développement des aspects syntaxiques du dessin

Deux niveaux d'organisation syntaxiques ont été étudiés dans le dessin d'objets familiers (Expérience 4) et de formes géométriques non familières (Expériences 1, 2 et 3). Il s'agit du niveau d'organisation locale, qui correspond aux règles de production des unités de dessin (règle de départ à gauche, en haut,

SRP...) et à la production de la séquence graphique (principe de continuité...) et du niveau d'organisation globale, qui se réfère à l'ordre de production des unités d'un dessin (règle de progression du centre vers la périphérie...).

En ce qui concerne les règles syntaxiques de niveau local, les résultats indiquent que les enfants aveugles et malvoyants, dès 6 ans, appliquent le SRP comme les enfants voyants. De même, la règle de départ à gauche est appliquée par tous les enfants dès 4-6 ans, quel que soit leur statut visuel, pour le dessin d'objets familiers et non familiers. En revanche, la règle de départ en haut est respectée par tous les enfants uniquement dans le dessin d'objets familiers. Il semblerait donc que la hiérarchie d'application des règles diffère quelque peu selon la nature du dessin à produire (objet familier ou non familier). On pourrait aussi évoquer une influence possible de la nature de la tâche, sachant que les dessins d'objets familiers ont été produits dans une condition de dessin spontané tandis que ceux d'objets non familiers sont issus d'une tâche de copie ou de mémoire. En effet, Vinter et Picard (2007) obtiennent des différences d'application de principes graphiques dans le dessin d'une maison selon le type de tâche (spontanée ou d'après modèle). Au delà de ces différences induites par la nature des objets à dessiner ou de la tâche, il est intéressant de constater que les règles syntaxiques d'organisation locale ne sont pas dépendantes de l'expérience visuelle, suggérant ainsi que l'application de ces règles serait déterminée par un mécanisme amodal.

En revanche, cela ne semble plus être le cas lorsque l'on s'intéresse au principe de continuité. Dans nos travaux, chez les enfants voyants (travaillant avec ou sans vision), ce principe suit globalement la même évolution que celle décrite dans la littérature, à savoir une diminution de son application vers 8 ans (Nihei, 1983 ; Vinter, 1994). En revanche, chez les enfants aveugles, la continuité des tracés reste importante à tous les âges. Plusieurs interprétations peuvent être proposées pour expliquer ce résultat. La première concerne les capacités représentationnelles des enfants qui sont reflétées à travers les différents niveaux de planification. Pour Vinter (1994), le premier niveau correspond à une planification locale de la figure à dessiner (construction segment par segment). Puis apparaît une planification au niveau de la figure entière (représentation globale) avec une prédominance du principe de continuité. Avec l'âge, ce principe va diminuer au profit des règles de progression, indiquant que les enfants sont capables d'appliquer les règles de manière plus flexible, grâce à une coordination au niveau du segment et de la figure. D'après les résultats des expériences 1, 2 et 3, seuls les enfants voyants parviendraient à ce niveau représentationnel. Toutefois, cette explication ne convient pas pour les enfants malvoyants dont l'évolution du principe de continuité suit celle décrite chez les enfants voyants lorsqu'ils dessinent des objets de mémoire. Ainsi, l'application du principe de continuité chez les enfants déficients visuels pourrait être influencée par d'autres facteurs que ceux mis en jeu chez les voyants. L'Expérience 3 suggère que l'exploration haptique (notamment l'utilisation du suivi de contour) pourrait conduire l'enfant à dessiner de manière continue. Il est également possible que le

principe de continuité soit privilégié par les enfants aveugles car il permet de conserver les repères spatiaux lors de l'exécution tactile du dessin, contrairement aux autres règles syntaxiques. Ainsi, la planification de la séquence graphique pourrait être avant tout dépendante de l'activité perceptive de prise d'information chez les enfants déficients visuels.

A un niveau d'organisation globale de la syntaxe, la littérature montre que les séquences d'actions s'organisent sous forme de routines graphiques lorsque l'enfant prend des habitudes de dessin, c'est-à-dire lorsqu'il produit à de multiples reprises le dessin d'un même objet (Barrett & Eames, 1996). Une routine graphique implique un ordre stable de production des éléments de l'objet et est sous-tendue par un schéma graphique interne. Picard et Vinter (2005) ont en effet montré que l'établissement des routines graphiques est influencé par des facteurs sémantiques qui vont spécifier l'ordre de production des éléments graphiques en fonction de leur poids sémantique. Le sujet dessine en priorité les éléments à fort poids sémantique par rapport aux éléments à faible poids sémantique. Notre étude montre que le statut visuel de l'enfant influence peu le niveau d'organisation globale de la syntaxe. En effet, tous les enfants, quel que soit leur statut visuel, dessinent d'abord les unités centrales d'un objet (à fort poids sémantique) puis les unités périphériques (à faible poids sémantique). Néanmoins, le principe de progression du centre vers la périphérie est plus important chez les enfants voyants que chez les enfants aveugles, mais cette différence est ténue, les enfants aveugles appliquant ce principe globalement.

Ainsi, considérés dans leur ensemble, ces résultats tendent à montrer que l'application des principes syntaxiques n'est pas dépendant du statut visuel du dessinateur. Nous suggérons que les aspects syntaxiques dépendent d'un processus amodal, semblable à ceux que Kennedy (1993) essaie de rechercher dans le dessin symbolique.

2.2. Développement du dessin symbolique

Chez les enfants voyants, différents stades de développement du dessin ont été décrits par Luquet (1927). En revanche, aucune étude comparable n'a été réalisée chez les enfants déficients visuels. Dans quelle mesure l'évolution avec l'âge des dessins des enfants voyants, malvoyants et aveugles de notre étude correspond-elle à celle décrite par Luquet ?

Pour Luquet, le premier stade (3-4 ans) correspond au réalisme fortuit, où les enfants ne dessinent pas dans l'intention de représenter un objet particulier. A partir de 4-5 ans (stade du réalisme manqué), les enfants vont produire intentionnellement des dessins. A cette étape, ils réalisent des dessins par juxtaposition et des dessins dont la proportion et l'ordre des éléments ne correspondent pas forcément à la réalité. Au stade du réalisme intellectuel (5-8 ans), les enfants dessinent ce qu'ils savent de l'objet

plutôt que ce qu'ils en voient. Cette étape est caractérisée par la production de dessins par transparence, de dessins représentant les objets selon leur angle habituel (dessins canoniques) et par l'apparition de procédés de rabattement et de mélange de points de vue. Enfin, au stade du réalisme visuel (8-9 ans), l'enfant dessine ce que la réalité donne à voir du point de vue d'un observateur externe. L'opacité se substitue à la transparence. De même, le procédé de rabattement et le mélange de points de vue sont remplacés par la production de perspective.

Dans notre étude, la production de dessins par les enfants voyants suit globalement les étapes décrites par Luquet. En effet, à partir de 6-7 ans, les dessins des enfants voyants ne présentent plus de caractéristiques typiques des dessins relevant du réalisme manqué (4-5 ans). Aucun dessin par juxtaposition n'est produit et les quelques erreurs de positionnement, présentes à 6-7 ans (15%), ont disparu à 8-9 ans. De plus, la majorité des dessins réalisés possèdent des proportions correctes (63%) et ces dernières augmentent encore entre 6-7 ans et 8-9 ans. Par ailleurs, les procédés propres au stade du réalisme intellectuel, tels que le mélange de points de vue, le procédé de rabattement et les dessins canoniques, sont effectivement présents dans les dessins des enfants de 6-7 ans. Dans notre étude, les dessins par transparence sont produits uniquement à 8-9 ans, mais ils sont peu fréquents (<15%). Ainsi que décrit par Luquet, la visée réaliste de l'enfant le conduit à remplacer le mélange de points de vue et le procédé de rabattement par la production de perspective. En effet, on observe une diminution avec l'âge, essentiellement entre 6-7 ans et 10-11 ans, du mélange de points de vue et du procédé de rabattement. Parallèlement, on assiste à une augmentation de la perspective qui atteint presque 50% à 12-13-14 ans.

Le développement du dessin des enfants malvoyants de notre étude est assez similaire à celui des enfants voyants. Les positionnements par juxtaposition et les erreurs de positionnement, typiques des enfants qui relèvent du stade de réalisme manqué, sont inexistantes ou peu fréquents à 6-7 ans. A l'instar des enfants voyants, les enfants malvoyants de 6-7 ans produisent majoritairement des dessins dont les proportions sont correctes (71%) et celles-ci augmentent jusqu'à 12-13-14 ans. De même, le point de vue canonique est largement privilégié dans les dessins dès 6-7 ans et augmente entre 6-9 ans et 10-14 ans. Le mélange de points de vue et le procédé de rabattement sont également présents à 6-7 ans. Les dessins par transparence sont peu fréquents, comme chez les enfants voyants, et sont produits uniquement à 8-9 et 10-11 ans. Conformément aux descriptions de Luquet, le mélange de points de vue diminue avec l'âge et le procédé de rabattement est absent dans les dessins des enfants de 12-13-14 ans. En revanche, bien que les enfants malvoyants représentent la perspective dans leur dessin, les résultats n'indiquent pas d'augmentation significative de celle-ci avec l'âge. Toutefois, il est possible qu'un échantillon plus large d'enfants, comprenant des enfants plus âgés, permette d'observer une augmentation significative de la perspective. Ces résultats indiquent que les stades de développement de Luquet peuvent rendre compte du dessin des enfants malvoyants, même si le développement de

certain aspects (proportions correctes, dessins canoniques, perspective) semble prendre un peu plus de temps chez eux que chez les enfants voyants.

En revanche, les résultats obtenus avec les enfants aveugles divergent clairement des stades de Luquet. En effet, aucune évolution nette avec l'âge n'est mise en évidence chez ces enfants. On observe, dans leurs dessins, des comportements graphiques typiques du réalisme manqué (4-5 ans), tels que les erreurs de positionnement des éléments, les positionnements des tracés par juxtaposition et la production de proportions inadéquates, jusqu'à 12-13-14 ans, sans diminution avec l'âge. De même, le mélange de points de vues, censé décroître au stade du réalisme visuel, c'est-à-dire entre 5 et 8 ans, reste aussi fréquent à tous les âges chez les enfants aveugles. Par ailleurs, lors du stade de réalisme visuel (à partir de 8 ans), Luquet montre que le procédé de rabattement disparaît au profit de la perspective. Or, ce procédé est très utilisé à tous les âges chez les enfants aveugles, alors que la perspective est quasi inexistante, même chez les enfants les plus âgés. Enfin, la représentation canonique des objets est présente, mais elle est moins fréquente que chez les enfants voyants et malvoyants et elle est utilisée de manière sélective (pour le bonhomme, le soleil et la pluie).

Cette différence entre les enfants aveugles d'une part et les enfants voyants et malvoyants d'autre part pourrait être due à un manque d'instruments de représentation spatiale chez les premiers, causé par la privation de la vision. En effet, pour Piaget (1947), le développement du dessin est étroitement lié à la construction des représentations spatiales. Selon lui, le développement du dessin passe par une reconstruction des rapports topologiques simples consistant à procéder de proche en proche (stade du réalisme manqué : 4-5 ans), puis à une élaboration des notions projectives et métriques (stade du réalisme intellectuel : 5-8 ans) et enfin à une construction d'ensemble des systèmes de coordonnées (stade du réalisme visuel : à partir de 8 ans). Ainsi, les erreurs de positionnement indiqueraient que les relations d'ordre (synthèse des rapports de voisinage et de séparation) ne sont totalement acquises et les proportions inadéquates des différents éléments ainsi que les positionnements par juxtaposition proviendraient d'une représentation de l'espace négligeant les relations euclidiennes. Chez les enfants voyants et malvoyants de notre recherche, ces « défauts » diminuent avec l'âge lorsque les enfants de 6-7 ans abandonnent les rapports topologiques au profit des rapports projectifs et euclidiens, leur permettant ainsi de déterminer et conserver les positions des figures les unes par rapport aux autres. En revanche, chez les enfants aveugles, ce développement ne serait pas encore totalement atteint même chez les plus âgés (12-13-14 ans). La recherche de Simpkins et Siegel (1979) a également montré que les enfants aveugles âgés de 6 à 11 ans avaient des difficultés à passer d'une organisation spatiale topologique à une organisation projective et euclidienne. Cette différence entre les enfants aveugles et voyants/malvoyants pourrait provenir du fait que la modalité haptique est analytique, alors que la vue permet de recueillir une information globale (Gentaz, 2005). Ainsi, dans la modalité haptique, la construction des rapports euclidiens est plus difficile et elle reste dépendante des mouvements

d'exploration (Lederman, Klatzky, & Barber, 1985 ; Piaget & Inhelder, 1947 ; Klatzky, 1989). Un début de construction des rapports projectifs est observé chez les enfants aveugles, comme en témoigne la présence de mélange de points de vue et de procédés de rabattement dans les dessins. Néanmoins, la persistance de ces procédés ainsi que l'absence de perspective dans les dessins des enfants plus âgés pourrait révéler qu'ils n'ont pas encore totalement construit un système de coordonnées.

Toutefois, il est également possible que l'absence de perspective et une représentation des objets moins souvent canoniques chez les aveugles que chez les autres enfants proviennent simplement d'une représentation différente de l'objet obtenue par le toucher, plutôt que d'une difficulté dans la construction des représentations spatiales. Ainsi, ces comportements graphiques qualifiés d'« erreurs » ou de « défauts », ne le seraient uniquement du point de vue d'un réalisme visuel. Passé le stade de réalisme intellectuel, l'enfant ne dessine plus ce qu'il connaît de l'objet mais ce qu'il en perçoit. De ce fait, si les perceptions tactiles et visuelles conduisent à des représentations différentes, il est logique de ne pas retrouver les mêmes représentations graphiques, ce qui ne signifierait pas pour autant que l'enfant aveugle n'a pas atteint le même niveau de développement que l'enfant voyant.

Que pouvons-nous donc dire quant à la nature des représentations élaborées par les enfants aveugles à partir de nos recherches ?

3. Nature des représentations élaborées par les enfants aveugles

Les dessins des formes non familières et des objets familiers réalisés par les enfants fournissent quelques informations sur la nature des représentations élaborées à travers le toucher. En effet, les proportions inadéquates des différents éléments d'un objet pourraient être des indicateurs de l'importance que les enfants aveugles attribuent aux différents éléments (Luquet, 1927). Par exemple, dans le dessin du bonhomme, nous pouvons noter que les enfants aveugles, surtout les plus âgés (à partir de 10 ans), accentuent le plus souvent la taille des mains (probablement pour souligner l'importance de la perception tactile) et de la tête (partie du corps la plus souvent touchée : se tenir la tête, mettre la main devant la bouche quand on éternue ou baille, se moucher lorsque l'on est enrhumé, se brosser les dents, s'essuyer les yeux après avoir pleuré ...). Le dessin de l'arbre et celui de la maison illustrent également l'importance de l'expérience tactile de l'enfant dans la représentation des différents éléments. En effet, le tronc, qui est la partie de l'arbre la plus souvent touchée, est fréquemment dessiné plus grand que le feuillage. A l'inverse, les enfants, ayant peu l'occasion de toucher le toit d'une maison, le dessinent beaucoup plus petit que le corps de la maison.

Par ailleurs, d'autres caractéristiques des dessins spontanés des enfants aveugles pourraient indiquer que le processus d'élaboration des représentations conceptuelles des objets « affecte » les représentations graphiques. En effet, les positionnements par juxtaposition des différents éléments dans l'espace pourraient refléter une représentation segmentée liée à séquentialité de la perception tactile. Ainsi, les différents éléments des objets perçus les uns après les autres vont être représentés de la même manière dans le dessin, c'est-à-dire détachés les uns des autres, sans lien entre eux. De même, la présence de dessins constructionnels (agencement de plusieurs formes géométriques) pourrait être un indicateur de la difficulté à réaliser une synthèse des différents éléments perçus et donc révéler à nouveau une représentation fragmentée l'objet. A l'inverse, une représentation globale de l'objet, caractérisée par l'utilisation de lignes de contour, est plus facilement élaborée par les enfants voyants car ils peuvent élaborer une perception globale et quasi instantanée de l'objet par la vision.

Pour finir, l'analyse de la correspondance entre la production graphique et le niveau sémantique indique que le nombre d'éléments communs aux descriptions verbales et au dessin a tendance à être plus important chez les enfants aveugles que chez les enfants voyants. Cela montre l'importance des connaissances des différentes parties constitutives de l'objet dans les représentations imagées de l'enfant. A tout âge, l'enfant aveugle dessinerait ainsi à la fois ce qu'il sait des objets, surtout lorsqu'il ne peut les percevoir, et ce qu'il perçoit des objets, surtout pour ceux qu'il peut manipuler, au moins partiellement.

4. Les représentations des différents objets familiers élaborées par les enfants déficients visuels correspondent-elles à celles des enfants voyants ?

Les résultats des descriptions verbales révèlent peu de différences entre les enfants en ce qui concerne la connaissance qu'ils possèdent des différents objets. Néanmoins, on peut noter certaines spécificités chez les enfants aveugles qui montrent que ces derniers élaborent leurs représentations essentiellement à partir de leurs expériences perceptives lorsqu'elles sont possibles. En effet, les références aux caractéristiques tactiles et auditives des objets sont plus nombreuses chez ces enfants que chez les autres qui privilégient les caractéristiques visuelles. De plus, les représentations des aveugles sont investies de significations personnelles liées à des rencontres antérieures avec l'objet.

Les données relatives au dessin mettent également en évidence que les représentations imagées issues d'une perception visuelle et tactile ne sont pas totalement similaires. La représentation canonique d'un objet est en effet plus présente dans le dessin des enfants voyants et malvoyants que dans celui des enfants aveugles. De même, chez les aveugles, elle est plus fréquente lorsque ces derniers ont quelques restes visuels (niveau OMS C4). Seuls le bonhomme et les objets non appréhendables (soleil, pluie)

sont dessinés d'un point de vue canonique aussi souvent par les enfants aveugles que les autres enfants, ce qui est certainement dû à un apprentissage des conventions visuelles dans le cas des objets non appréhendables. En revanche, la maison, le lit et les animaux sont moins souvent dessinés selon le point de vue canonique. Une représentation de la maison et du lit vus du haut est assez fréquente alors qu'une représentation de face pour les animaux, comme pour le bonhomme, est retrouvée dans le dessin des enfants aveugles. Comme attendu, un autre point de vue apparaît uniquement dans les dessins des enfants aveugles et particulièrement chez les enfants atteints de cécité absolue. Il s'agit du point de vue de la main qui explore et concerne le dessin de l'arbre et celui du verre. Dans ce cas là, une représentation graphique similaire est retrouvée aux différents âges : l'arbre est représenté par un rond qui correspond au tronc avec des branches dessinés autour de celui-ci. Il est peu fréquent qu'un enfant aveugle ait une connaissance d'un arbre (réel) dans son entièreté. Le contact le plus fréquent avec un arbre consiste à entourer le tronc avec leur bras, d'où la représentation du tronc par un rond. De même, le verre est toujours représenté par un arrondi, correspondant au ressenti de la main lorsqu'elle tient un verre. Ce type de représentation du verre a également été observé par Kennedy chez une enfant aveugle congénitale de 13 ans (Kennedy et al., 1991).

Les enfants aveugles ne produisent pas de perspective dans leur dessin. En revanche, le procédé de rabattement est plus fréquent à tous les âges. Ce procédé peut se rapprocher de l'utilisation de la technique de « développement » (représentation de toutes les faces de l'objet, comme un cube déplié), puisqu'il consiste à représenter toutes les parties de l'objet, en les déployant de part et d'autre de l'objet. Kennedy (1993, 2000) et Heller et coll. (1995) ont aussi montré que le procédé de « développement » était très utilisé par les aveugles car ce système de représentation est plus cohérent avec les expériences du système haptique. Nous avons montré que ce procédé est effectivement plus fréquent chez les enfants atteints de cécité absolue que chez ceux ayant des restes visuels.

En ce qui concerne les enfants malvoyants, peu de différences avec les enfants voyants sont mises en évidence. Le point de vue canonique est aussi fréquent dans les dessins des malvoyants que des voyants, tandis que le point de vue de la main qui explore est absent. On remarque également la présence de perspective dans le dessin des malvoyants. Enfin, chez les enfants voyants et malvoyants, on observe un biais directionnel vers la gauche (c'est-à-dire une représentation des objets selon le profil gauche) qui est moins présent chez les enfants aveugles. Ainsi, ces résultats montrent que les enfants privés de vision élaborent des représentations qui ne sont pas totalement similaires à celles des enfants ayant une expérience visuelle, même fort réduite.

5. Suggestions pour la réalisation d'images tactiles et de futures recherches

L'objectif n'est pas de créer un monde d'images propres aux enfants aveugles n'ayant aucun lien avec ceux des enfants voyants, ni de leur imposer les représentations des voyants qui sont difficiles à comprendre pour eux. En nous basant sur les recherches précédentes et notre propre travail, nous ferons quelques suggestions pour améliorer les images tactiles en tenant compte des capacités discriminatives tactiles des enfants aveugles, et de la nature des représentations qu'ils peuvent élaborer.

Afin de faciliter le traitement des formes, il faut prendre en compte les capacités discriminatives du toucher. A ce propos, nous pouvons rappeler que des recherches (Russier, 2000; Thompson et coll., 2003) ont montré que les images en lignes de contour étaient moins bien traitées que les images pleines. De plus, ces dernières permettent l'intégration de propriétés matérielles, telles que la texture et la dureté, qui vont faciliter l'identification rapide et précise des objets. L'utilisation convergente de différentes propriétés de l'objet aide à compenser les limites du codage spatial du système haptique (Klatzky & Lederman, 1993). A travers une tâche de catégorisation, Lederman et Klatzky (1990) ont en effet montré que les propriétés matérielles de l'objet, en particulier la texture, étaient jugées importantes pour l'identification d'objets familiers appartenant à un niveau de base et à un niveau subordonné. Selon la classification établie par Rosch (1978), le niveau de base correspond à la catégorie la plus inclusive basée sur le nombre d'attributs communs dans une classe et plus particulièrement sur la similarité des formes (par exemple : chien) et le niveau subordonné correspond aux objets spécifiques du niveau de base (par exemple : tequel, caniche). Nos travaux soulignent également l'importance des caractéristiques tactiles de l'objet dans la représentation élaborée par les enfants aveugles. Par ailleurs, l'étude de Klatzky, Lederman et Reed (1989) révèle que l'identification d'un objet est plus rapide lorsque deux propriétés le définissent (plutôt qu'une seule) et quand elles peuvent être traitées simultanément, comme c'est le cas par exemple pour la texture et la dureté. En effet, les procédures exploratoires permettant de traiter ces propriétés (le frottement latéral pour la texture et la pression pour la dureté) peuvent être exécutées en même temps. Ils ont montré qu'il était également possible d'extraire ensemble une propriété matérielle et une propriété géométrique, telles que la texture et la forme. Ainsi, il faudrait privilégier la construction d'images pleines et l'intégration de plusieurs propriétés différentes (forme, texture, dureté).

Nos résultats font clairement apparaître une distinction entre les enfants voyants et malvoyants d'une part et les enfants aveugles d'autre part, en ce qui concerne les représentations élaborées. Dans cette perspective, il serait nécessaire de réaliser des dessins tactiles distincts en fonction du trouble visuel. Pour les enfants malvoyants, proposer des images tactiles basées sur des conventions et des

représentations visuelles pourrait ne pas poser trop de problème. En revanche, elles pourraient être difficiles à comprendre par des enfants aveugles, conformément à ce que pensent Lederman et coll. (1990) et Thompson (2004). Les données concernant les descriptions verbales et le dessin soulignent l'importance de l'expérience perceptive dans les représentations construites par les enfants aveugles. Il est donc indispensable de tenir compte de cette expérience perceptive dans la création des images tactiles afin qu'elles soient davantage compréhensibles par un enfant aveugle. Néanmoins, il ne s'agit pas de créer des images totalement différentes de celles des enfants malvoyants et voyants, en réduisant les informations uniquement au ressenti tactile de l'enfant avec l'objet (par exemple représenter un verre par un rond). Etant donné que les enfants aveugles énumèrent très fréquemment les différents éléments constitutifs d'un objet, il peut être important de représenter tous les constituants d'un objet pour leur permettre de l'identifier. De plus, les images tactiles doivent rester « partageables », et non idiosyncrasiques, liées à l'expérience unique d'un individu.

Lederman et coll. (1990) pensent que les faibles performances de reconnaissance des images tactiles sont dues à la réduction des informations lors de la transposition d'un objet en 3D vers la projection en 2D, qui demanderait un coût de traitement plus important au système haptique. Il semble donc important d'inclure des informations de profondeur dans la représentation des objets en deux dimensions. L'utilisation de la perspective ne semble toutefois pas être le mode de représentation qui convient aux enfants aveugles. En effet, leurs dessins montrent que le procédé de rabattement est privilégié à la perspective pour représenter l'objet. Ce procédé correspondrait davantage à leurs expériences (Hatwell, 2003), alors que la perspective entraîne une distorsion de la forme. Ainsi, il serait peut-être plus pertinent d'utiliser le rabattement comme mode de représentation, essentiellement chez les enfants les plus jeunes. Pour les enfants plus âgés, un autre mode de représentation, plus conventionnel, pourrait être envisagé afin de réduire l'écart entre les modes de représentation chez les voyants et les aveugles.

Chez les adultes, Thompson, Chronicle et Collins (2006) ont testé un nouveau système de représentation des informations tridimensionnelles dans les images bidimensionnelles. Ce système, appelé TexiForm, évite les distorsions de la forme, grâce à l'utilisation de la texture. Il utilise trois variations de la même texture pour représenter les éléments verticaux (lignes de texture verticales), horizontaux (lignes de texture horizontales) et cylindriques (lignes de textures courbes). Pour les parties des objets où il n'est pas important d'indiquer l'orientation, deux textures différentes sont utilisées pour renseigner sur la solidité de l'objet. L'utilisation combinée de ces deux textures indique lorsqu'une partie de l'objet dépasse ou est au-dessus des autres. Dans leur expérience, Thompson et coll. ont comparé les performances de reconnaissance d'images standard visuellement réalistes décrivant les relations de profondeur à travers l'utilisation de la perspective (sélectionnées parmi les images de Snodgrass et Vanderwert, 1980) et leurs équivalents en TexiForm. Les résultats montrent

que les adultes voyants travaillant sans voir, les aveugles tardifs et les aveugles précoces reconnaissent mieux les images TexiForm que les images réalistes visuellement. Toutefois, les codes utilisés pour le TexiForm pourraient être difficiles à appréhender pour les jeunes enfants. Ce système pourrait par contre convenir à des enfants plus âgés. Il serait donc nécessaire d'effectuer une recherche afin de savoir si le TexiForm pourrait être utilisé chez les enfants et à partir de quel âge.

Par ailleurs, chez les adultes, il a été montré que la taille des images influence les performances d'identification (Kennedy & Bai, 2002 ; Wijntes et al., 2008). En effet, les performances pour les images de grande taille étaient supérieures à celles d'images de plus petite taille. A notre connaissance, l'effet de la taille des images n'a pas été étudié chez les enfants déficients visuels. Afin de créer des images efficaces, il semble donc important de vérifier l'influence de la taille également chez ces enfants.

Pour conclure, ce travail de recherche a permis de compléter la littérature existante concernant le développement du dessin chez l'enfant déficient visuel, à la fois dans ses aspects syntaxiques et symboliques, et ce, avec un plus grand nombre d'enfants comparativement aux études antérieures. Le développement de la syntaxe est moins influencé par le statut visuel de l'enfant que celui du dessin symbolique. L'étude du dessin a également apporté des données concernant les capacités de traitement haptique et la nature des représentations élaborées. Les résultats révèlent une différence importante entre les enfants aveugles d'une part et les enfants malvoyants et voyants d'autre part. En revanche, l'étude des descriptions verbales montre peu de différence entre les enfants quant aux connaissances relatives aux différents objets de notre étude. Dans notre travail, le lien entre les descriptions verbales et le dessin a toutefois été abordé de manière un peu superficielle. Il serait intéressant d'étudier les relations entre les descriptions verbales et le dessin de manière plus approfondie, toujours en comparant enfants voyants et enfants aveugles.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- Abravanel, E. (1968). The development of intersensory patterning with regards to selected spatial dimensions. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 33, 1-52.
- Abravanel, E. (1970). Choice for shape textural matching by young children. *Perceptual and Motor skills*, 31(2), 527-533.
- Akshoomoff, N. A., & Stiles, J. (1995). Developmental trends in visuospatial analysis and planning : II. Memory for a complex figure. *Neuropsychology*, 9(3), 378-389.
- Alexander, J. M., & Judy, J. E. (1988). The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, 58, 375-404.
- Alexander, J. M., Jonhson, K. E., & Schreiber, J. B (2002). Knowledge is not everything : analysis of children's performance on a haptic comparison task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82, 341-366.
- Anderson, D. W. (1984). Mental Imagery in Congenitally blind children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 78(5) 206-210.
- Anderson, D. W., & Olson, M. (1981). Word meaning among blind children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 75, 165-168.
- Appelle, S. (1972). Perception and discrimination as a function of stimulus orientation : the "oblique effect" in man and animals. *Psychological Bulletin*, 78, 266-278.
- Ballasteros, S., Manga, D., & Reales, J. M. (1997). Haptic discrimination of bilateral symmetry in 2-dimensional and 3-dimensional unfamiliar displays. *Perception & Psychophysics*, 59, 37-50.
- Barett, M., & Eames, K. (1996). Sequential developments in children's human figure drawing. *British Journal of Developmental Psychology*, 14, 219-236.
- Baud-Bovy, G. & Gentaz, G. (2006). The haptic reproduction of orientations in three-dimensional space. *Experimental Brain Research*, 172, 283-300.
- Berger, C., & Hatwell, Y (1993). Dimensional and overall similarity classifications in haptics : a developmental study. *Cognitive Development*, 8, 495-516.
- Berger, C., & Hatwell, Y (1995). Development of analytic vs global processing in haptics : the perceptual and decisional determinants of classification skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 13, 143-162.
- Berger, C., & Hatwell, Y (1996). Developmental trends in haptic and visual free classifications : Influence of stimulus structure and exploration on decisional processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63, 447-465.
- Berlà, E. P. (1972). Effects of physical size and complexity on tactual discrimination of blind children. *Exceptional Children*, 39, 120-124.

- Berl , E. P. (1974). Tactual orientation performance of blind children in different grade levels. American Foundation for the Blind, *Research Bulletin*, 27, 1-10.
- Berl , E. P. (1981). Tactile scanning and memory for a spatial display by blind students. *Journal of Special Education*, 15, 341-350.
- Berl , E. P., & Butterfield, L. H. (1977). Tactual distinctive features analysis: training blind students in shape recognition and in locating shapes on a map. *Journal of Special Education*, 11, 335-346
- Berl , E. P., & Murr, M. J. (1972). The effects of unimanual and bimanual methods of exploring tactile shapes on discrimination performance. Unpublished report, American Printing House for the Blind.
- Berl , E. P., & Murr, M. J. (1974). Searching tactual space. *Education of the Visually Handicapped*, 6, 49-58.
- Berti, A. E., & Freeman, N. H. (1997). Representational change in resources for pictorial innovation : A three-component analysis. *Cognitive Development*, 12(4), 405-426.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components : A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94(2), 115-147.
- Bornstein, M. H., & Stiles-Davis, J. (1984). Discrimination and memory for symmetry in young children. *Developmental Psychology*, 20(4), 637-649.
- Bouaziz, S., & Magan, A. (soumis). Holistic and analytic processing in the copying of complex figures among drawing context: A developmental approach. *Cognitive Development*.
- Bouaziz, S., Russier, S., & Magan, A. (2005). The copying of complex geometric drawings by sighted and visually impaired children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 99(12), 765-774.
- Braswell, G. S., & Rosengren, K. S. (2002). The role of handedness in graphic production : Interaction between biomechanical and cognitive factors in drawing development. *British Journal of Developmental Psychology*, 2, 371-376.
- Bushnell, E. W., & Baxt, C. (1999). Children's haptic and cross-modal recognition with familiar and unfamiliar objects. *Journal of Experimental Psychology*, 25, 1867-1881.
- Cirillo, L., Wapner, S., & Rand, G. (1967). Differentiation of haptic exploration in two age groups. *Psychonomic Science*, 9, 467-468.
- Clutsforth, T. D. (1932). The unreality of words to the blind. *Teachers Forum*, 4, 86-89.
- Clutsforth, T. D. (1951). *The blind in school and society*. New York : American Foundation for the blind.
- Connolly, K. & Jones, B. (1970). A developmental study of afferent-efferent integration. *British Journal of Psychology*, 61, 259-266
- Cornoldi, C., Calore, D., & Pra Baldi, A. (1979). Imagery ratings and recall in congenitally blind subjects. *Perceptual & Motor Skills*, 48, 627-629.
- Craig, J., C. (1985). Attending to two fingers : two hands are better than one. *Perception & psychophysics*, 38, 496-511.

- D'Angiulli, A., & Kennedy, J. M. (2000). Guided exploration enhances tactual picture recognition in blindfolded sighted children: Implication for blind children. *International Journal of Rehabilitation Research*, 23, 319-320.
- D'Angiulli, A., & Kennedy J. M. (2001). Children's tactual exploration and copying without vision. *International Journal of Rehabilitation Research*, 24, 233-234.
- D'Angiulli, A., & Maggi, S. (2003). Development of drawing abilities in distinct population : Depiction of perceptual principles by three children with congenital total blindness. *The International Society for the Study of Behavioural Development*, 27, 193-200.
- D'Angiulli, A., Kennedy J. M., & Heller, M. A. (1998). Blind children recognizing tactile pictures respond like sighted children given guidance in exploration. *Scandinavian Journal of Psychology*, 39, 187-190.
- D'Angiulli, A., Miller, C., & Callaghan, K. (2008). Structural equivalence are essential, pictorial conventions are not : Evidence from haptic drawing development in children born completely blind. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(1), 20-33.
- Davidson, P. W. (1972). Haptic judgment of curvature by blind and sighted humans. *Journal of Experimental Psychology*, 93, 43-55.
- Davidson, P. W., & Whitson, T. T. (1974). Haptic equivalence matching of curvature by blind and sighted humans. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 687-690.
- De Beni, R., & Cornoldi, C. (1985). Imagery limitations in totally congenitally blind subjects. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 14, 560-655.
- DeMott, R. M. (1972). Verbalism and affective meaning for blind, severely visually impaired and normally sighted children. *New Outlook for the blind*, 66, 1-8.
- Dershowitz, N. K. (1975). On connotative meaning of emotional terms to the blind : a contribution to the study of phenomenology of emotion. *Perceptual and Motor Skills*, 41, 87-94.
- Ewart, A. A. G., & Carp, F. M. (1963). Recognition of tactual form by blind and sighted subjects. *American Journal of Psychology*, 76, 488-492.
- Faineteau, H., Gentaz, E. & Viviani, P. (2003). The kinaesthetic estimation of Euclidean distances in blindfolded adults : A study on the detour path effect. *Experimental Brain Research*, 152, 166-172.
- Faineteau, H., Gentaz, E., & Viviani, P. (2005). Factors affecting the size of the detour effect in the kinaesthetic perception of Euclidian distance. *Experimental Brain Research*, 163, 503-514.
- Faineteau, H., Palluel-Germain, R., & Gentaz, E. (2008). Effet des points d'inflexion sur les estimations des distances euclidiennes dans une tâche manuelle d'intégration de trajet. *L'Année Psychologique*, 108, 3-14.
- Ferber, S, Mraz, R., Baker, N., & Graham, S. J. (2007). Shared and differential neural substrates of copying versus drawing : a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroreport*, 18(11), 1089-93.

- Freeman, N. H. (1980). Strategies of representation in young children : analysis of spatial skills and drawing processes. London : Academic Press.
- Freeman, N. H. (1993). Drawing : public instruments of representation. In C. Pratt & A. F. Garton (eds.), *Systems of representation in children*. Chichester : Wiley & Sons, pp. 113-131
- Freeman, N. H., & Janikoun, R; (1972). Intellectual realism in children's drawing of a familiar object with distinctive features. *Child Development*, 43(3), 1116-1121.
- Gentaz, E. (2005). Explorer pour percevoir l'espace avec la main. In J. Bullier & C. Thinus-Blanc (Eds). *Agir dans l'espace*. Paris : CNRS.
- Gentaz, E., & Ballaz, C. (2000). La perception visuelle des orientations et l'effet de l'oblique. *L'Année Psychologique*, 100, 715-744.
- Gentaz, E., & Gaunet, F. (2006). L'inférence haptique d'une localisation spatiale chez les adultes et les enfants : étude de l'effet du trajet et de l'effet du délai dans une tâche de complétion de triangle. *L'Année Psychologique*, 2, 167-190
- Gentaz, E., & Hatwell, Y. (1996). Role of gravitational cues in the haptic perception of orientation. *Perception & Psychophysics*, 58, 1278-1292.
- Gentaz, E., & Hatwell, Y. (1998). The haptic oblique effect in the perception of rod orientation by blind adults. *Perception & Psychophysics*, 60, 157-167.
- Gentaz, E., & Hatwell, Y. (1999). Role of memorisation conditions in the haptic processing of orientations and the "oblique effect". *British Journal of Psychology*, 90, 373-388.
- Gentaz, E., & Tschopp, C. (2002). The oblique effect in visual perception of orientations. In S. Shovov (Ed.), *Advances in Psychology Research, Volume 11* (pp. 137-163). New-York : Nova Sciences Publishers.
- Gentaz, E., Luyat, M., Cian, C., Hatwell, Y., Barraud, P. A., & Raphel, C. (2001). The reproduction of vertical and oblique orientations in the visual, haptic, and somato-vestibular systems. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 513-526.
- Gliner, C. R., Pick, A. D., Pick, H. L., & Hales, J. A. (1969). A developmental investigation of visual and haptic preferences for shape and texture. *Monographs of the Society for Research on Child Development*, 34, n° 6 (serial number 130), 1-40.
- Goodnow, J. J., & Levine, R. A. (1973). "The grammar of action": sequence and syntax in children's copying. *Cognitive Psychology*, 4, 82-98.
- Goodwin, A. W., & Wheat, H. E. (1992). Human tactile discrimination of curvature when contact area with the skin remains constant. *Experimental Brain Research*, 88, 447-450.
- Goodwin, A. W., John, K. T., & Marceglia, A. H. (1991). Tactile discrimination of curvature by humans using only cutaneous information from the fingerpads. *Experimental Brain Research*, 86, 663-672.
- Gordon, I. E., & Morison, V. (1982). The haptic perception of curvature. *Perception & psychophysics*, 31, 446-450.

- Gottesman, M. (1971). A comparative study of Piaget's developmental schema of sighted children with that of a group of blind children. *The Society for Research in Child Development*, 42, 573-580.
- Greer T., & Dunlap, W. P. (1997). Analysis of variance with ipsative measures. *Psychological Methods*, 2, 200-207.
- Hans, M. (1974). Imagery and modality in paired associate learning in the blind. *Bulletin of the Psychonomics Society*, 4, 22-24.
- Harley, R. K. (1963). *Verbalism among blind children. An investigation and analysis*. New York : American Foundation for the Blind, Research Series n°10.
- Hatwell, Y. (1959). Perception tactile des formes et organisation spatiale tactile. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 56, 187-204.
- Hatwell, Y. (1966). *Privation Sensorielle et Intelligence*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Hatwell, Y. (1978). Form perception and related issues in blind humans. In R. Held, H. W. Leibowitz & H. L. Teuber (Eds.), *Handbook of sensory physiology, VII : Perception*. New York and Berlin : Springer Verlag.
- Hatwell, Y. (1986). *Toucher l'espace : la main et la perception tactile de l'espace*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Hatwell, Y. (1994). Transferts intermodaux et intégration intermodale. In M. Richelle, J. Requin et M. Robert (Eds.), *Traité de psychologie expérimental, vol. 1*. Paris : Presses Universitaires de France, 543-584.
- Hatwell, Y. (1995). Children's memory for location and object properties in vision and haptics : Automatic or attentional processing ? *CPC-Current Psychology on Cognition*, 14, 47-71.
- Hatwell, Y. (Ed.) (2003). *Psychologie cognitive de la cécité précoce*. Paris : Dunod.
- Hatwell, Y., & Sayettat, G. (1991). Visual and haptic spatial coding in young children. *British Journal of Developmental Psychology*, 9(4), 445-470.
- Hatwell, Y., Orliaguet, J. P., & Brouty, G (1990). Effects of objects properties, attentional constraints and manual exploratory procedures on haptic perceptual organization : A developmental study. In H. Bloch et B. Bertenthal (Eds). *Sensory-motor organizations and development in infancy and early childhood* (p 315-335), Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Hatwell, Y., Osiek, C., & Jeanneret, V. (1973). L'exploration perceptive tactile d'un ensemble d'objets chez l'enfant et chez l'adulte. *L'Année Psychologique*, 73, 419- 441.
- Hatwell, Y., Streri, A., & Gentaz, E. (2000). *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Heller, M. A. (1989). Picture and pattern perception in the sighted and blind : the advantage of the late blind. *Perception*, 18, 379-389.
- Heller, M. A. (1989). Texture perception in sighted and blind observers. *Perception and Psychophysics*, 48, 49-54.

- Heller, M. A. (2002). Tactile picture perception in sighted and blind people. *Behavioural Brain Research*, 135, 65-68.
- Heller, M. A., & Brackett, D. D. (2002). Tangible picture matching by people who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 96, 349-353.
- Heller, M. A., & Kennedy, J. M. (1990). Perspective taking, pictures, and the blind. *Perception & Psychophysics*, 48, 1049-1058.
- Heller, M. A., Kennedy, J. M., & Joyner, T. D. (1995). Production and interpretation of pictures of houses by blind people. *Perception*, 24, 1049-1058.
- Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Tyler, L. A., & Burson, L. L. (1996). Production and interpretation of perspective drawings by blind and sighted people. *Perception*, 25, 321-334.
- Heller, M. A., Brackett, D. D., Scroggs, E., Steffen, H., Heartherly, K., & Salik, S. (2002). Tangible pictures: Viewpoints effects and linear perspective in visually impaired people. *Perception*, 31, 747-769.
- Hermelin, H., & O'Connor, N. (1975). Location and distance estimates by blind and sighted children. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27, 295-301.
- Hochberg, J. (1986). Representation of motion and space in video and cinematic displays. In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance*. New York : John Wiley and Sons.
- Holmes, E., Hughes, B., & Jansson, G. (1998). Haptic perception of texture gradients. *Perception*, 27, 993-1008.
- Hsu, T. & Feld, L. S. (1969). The effects of limitations on the number of criteria score values on the significance of the F. test. *American Education Research Journal*, 6, 257-515.
- Jones, B. (1972). The development of cutaneous and kinaesthetic localization in blind and sighted children. *Developmental Psychology*, 6, 349-352.
- Jones, B. (1981). The developmental significance of cross-modal matching. In R. D. Walk et H. L. Pick (Eds.), *Intersensory perception and sensory integration*, (pp 109-136). New-York : Plenum Press.
- Jones, B., & Connolly, K. (1970). Memory effects in cross-modal matching. *British Journal of Psychology*, 61, 267-270.
- Jones, B., & Vierck, C. J. (1973). Length discrimination on the skin. *American Journal of Psychology*, 86, 49-60.
- Jonides, J., Khan, R., & Rozin, P. (1975). Imagery instructions improve memory in blind children. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 54, 424-426.
- Kappers, A. M. L., Koenderink, J. J., & Lichtenegger, I. (1994). Haptic identification of curved surfaces. *Perception & Psychophysics*, 56(1), 53-61.
- Kappers, A. M. L., Koenderink, J. J., & Te Pas, S. F. (1994). Haptic discrimination of doubly curved surface. *Perception*, 23(12), 1483-1490.

- Karmiloff-Smith, A. (1990). Constraints on representational change : Evidence from children's drawing. *Cognition*, 34, 57-83.
- Kennedy, J. M. (1982). Haptic pictures. In W. Schiff et E. Foulke (Eds.). *Tactual perception*. New York: Academic Press, 303-333.
- Kennedy, J. M. (1983). What can we learn about pictures from the blind? *American Scientist*, 71, 19-81.
- Kennedy, J. M. (1993). *Drawing and the blind. Pictures to Touch*. Yale University Press New Haven and London.
- Kennedy, J. M. (1997). Comment les aveugles dessinent? *Pour la science*, 233, 76-81.
- Kennedy, J. M. (2000). Recognizing outline pictures via touch: alignment theory. In M. A. E. Heller (Ed.), *Touch, representation and blindness*. Oxford : Oxford University Press, 67-98.
- Kennedy, J. M. (2003). Drawings from Gaia, a blind girl. *Perception*, 32, 321-340.
- Kennedy, J. M., & Bai, J. (2002). Haptic pictures : fit judgments predict identification, recognition memory, and confidence *Perception*, 31, 1013-1026.
- Kennedy, J. M., & Domander, R. (1984). Pictorial foreground-background reversal reduces tactual recognition by blind subjects. *Journal of visual impairment and blindness*, 78, 215-216.
- Kennedy, J. M., & Fox, N. (1977). Pictures to see and pictures to touch. In D. Perkins & D. Leonar (Eds.), *The Art and Cognition* (pp.118-135). Johns Hopkins University Press.
- Kennedy, J. M., & Gabias P. (1985). Metaphoric devices in drawings of motion mean the same to the blind and the sighted. *Perception*, 14, 189-195.
- Kennedy, J. M., & Juricevic, I. (2003). Haptics and projection: drawings by Tracy, a blind adult. *Perception*, 32, 1059-1071.
- Kennedy, J. M., & Juricevic, I. (2004). Form, projection and pictures for the blind. In Ballesteros, S. and Heller, M. A. (Eds.), *Touch, blindness and neuroscience*. Universidad Nacional de Educacion a Distancia Press, Madrid. (pp. 29-31).
- Kennedy, J. M., & Juricevic, I. (2006). Form, projection and pictures for the blind. In M. A. Heller and S. Ballesteros (Eds.), *Haptics, blindness and neuroscience* (pp. 73-93). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Kennedy, J. M., & Juricevic, I. (2006). Foreshortening, convergence and drawings from a blind adult. *Perception*, 35, 847-851
- Kennedy, J. M., & Juricevic, I. (2008). Drawings from a blind adult: Orthogonals, parallels and convergence in two directions without T-junctions. In C. Lange-Kutter & A. Vinter (Eds.), *The development of drawing and non verbal intelligence* (pp. 317-335). Cambridge : Cambridge University Press.
- Kennedy, J. M., & Merkas, C. E. (2000). Depictions of motion devised by a blind person. *Psychonomic Bulletin and Review*, 7, 700-706.
- Kennedy, J. M., Gabias, P., & Nicholls, A. (1991). Tactile pictures. In M. A. Heller & W. Schiff (Eds.), *The Psychology of touch*. Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Associates.

- Kephart, J. G., Kephart, C. P., & Schwartz, G. C. (1974). A journey into the world of the blind children. *Exceptional children*, 40, 421-427.
- Kerr, N. H. (1983). The role of vision in visual imagery experiments: Evidence from congenitally blind. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 265-267.
- Klatzky, R. L., & Lederman, S. J. (1987). The intelligence hand. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol 21, pp 121-151). New-York: Academic Press.
- Klatzky, R. L., & Lederman, S. J. (1993). Toward a computational model of constraint-driven exploration and haptic object identification. *Perception*, 22, 597-621.
- Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Balakrishnan, J. (1991). Task-driven extraction of object contour by human haptics : Part I. *Robotica*, 9, 43-51
- Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Metzger, V. (1985). Identifying objects by touch : An "expert system". *Perception & Psychophysics*, 37(4), 299-302
- Klatzky, R. L., Lederman, S., & Reed, C. (1987). There's more to touch than meets the eye : The salience of object attributes for haptics with and without vision. *Journal of Experimental Psychology General*, 116(4), 356-369.
- Klatzky, R. L., Lederman, S., & Reed, C. (1989). Haptic integration of object properties : Texture, hardness, and planar contour. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception & Performance*, 15(1), 45-57.
- Klatzky, R. L., Loomis, J. M., Lederman, S. J., Wake, H., & Fujita, N. (1993). Haptic identification of objects and their depictions. *Perception & Psychophysics*, 54(2), 170-178
- Klein, S. D. (1966). The development of tactual perception: Processes and achievements. In S. Wapner & B. Kaplan (Eds.), *Heinz Werner : Papers in memorium*, Worcester, Mass., Clark University Press.
- Lanca, M., & Bryant, D. (1995). Effect of orientation in haptic reproduction of line length. *Perceptual and Motor Skills*, 80, 1291-1298.
- Landau, B. (1991). Spatial representation of objects in the young blind child. *Cognition*, 38, 145-178.
- Laszlo, J. I., & Bairstow, P. J. (1985). *Perceptual-motor behaviour : Developmental assessment and therapy*. London : Holt, Rinehart and Winston.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements : a window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19, 342-368.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1990). Haptic classification of common objects : Knowledge-driven exploration. *Cognitive Psychology*, 22, 421-459.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1993). Extracting object properties through haptic exploration. *Acta Psychologica*, 84, 29-40.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1996). Action for perception: Manual exploratory movements for haptically processing objects and their features. In Wing, A., Haggard, P., & Flanagan, R.

- (Eds.), *Hand and Brain : Neurophysiology and Psychology of Hand*. (pp. 431-446). San Diego : Academic
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1997). Relative availability of surface and object properties during early haptic processing. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 23(6), 1680-1707.
- Lederman, S. J., Klatzky, R. L., & Barber, P. (1985). Spatial and movement-based heuristics for encoding pattern information through touch. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 33-49.
- Lederman, S. J., Klatzky, R. L., & Reed, C. (1993). Constraints on haptic integration of spatially shared object dimensions. *Perception*, 22, 723-743.
- Lederman, S. J., Klatzky, R. L., Chataway, C., & Summers, C. D. (1990). Visual mediation and the haptic recognition of 2 dimensionnal pictures of common objects. *Perception and Psychophysics*, 4, 54-64.
- Lederman, S. J., Klatzky, R. L., Collins, A., & Wardell, J. (1987). Exploring environments by hand or foot : Time-based heuristics for encoding distance in movement space. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, & Cognition*, 13(4), 606-614
- Locher, J. P., & Simmons, P. W. (1978). Influence of stimulus symmetry and complexity upon haptic scanning strategies during detection, learning and recognition task. *Perception & Psychophysics*, 23, 110-116.
- Lomov, B. F. (1966). Manual interaction in the process of tactile perception. In London, I. D. (Ed.), *Psychological Research in the USSR*. Moscou : Progress Publisher,
- Loomis, J. M., Klatky, R. L., & Lederman, S. J. (1991). Similarity of tactual and visual picture recognition with limited field of view. *Perception*, 20(2), 167-177.
- Lunney, G. H. (1970). Using analysis of variance with a dichotomous dependent variable : An empirical study. *Journal of Educational Measurement*, 7, 263-269.
- Luquet, G. H. (1927). *Le dessin enfantin*. Paris : Alcan.
- Luyat, M., Gentaz, E., Corte, T., & Guerraz, M. (2001). Reference frames and haptic perception of orientation : Body and head tilt effects on the oblique effect. *Perception & Psychophysics*, 63, 541-554.
- Magee, L. E., & Kennedy, J. M. (1980). Exploring pictures tactually. *Nature*, 283, 287-288.
- Magnan, A., Balby, R., & Chatillon, J. F. (1999). Organizing principle in 4 to 8 years old children's. *Swiss Journal of Psychology* 58 (1), 3-11.
- Malchiodi, C. A. (1998). *Understanding children's drawings*. New York : Guilford.
- Meulenbroek, R. G. J., Vinter, A., Mounoud, P. (1993). Development of the start-rotation principle in circle production. *British Journal of Developmental Psychology*, 11, 307-320.
- Miletic, G. (1995). Perspective taking : knowledge of Level 1 and level 2 rules by congenitally blind, low vision and sighted children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 89, 514-523.

- Milewski, A. E., & Laccino, J. (1982). Strategies in cross-modal matching. *Perception and Psychophysics*, 31, 273-275.
- Millar, S. (1975). Visual experience or translation rules? Drawing the human figure by blind and sighted children. *Perception*, 4, 363-371.
- Millar, S. (1983). Language and active touch : some aspects of reading and writing by blind children. In A. E. E. Mills (Ed.), *Language acquisition in the blind child : Normal and deficient*, p167-186. London : Croom Helm.
- Millar, S. (1994). *Understanding and representing space. Theory and evidence from studies with blind and sighted children*. Oxford : Clarendon Press.
- Moberg, E. (1958). Objective method for determining the functional value of sensibility of the hand. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 40B, 454-476.
- Morhange-Majoux, F., Cougnot, P., & Bloch, H. (1997). Hand tactual exploration of textures in infants from 4 to 6 months. *Journal of Early Development and Parenting*, 6, 127-135.
- Morrongiello, B. A., Humphrey, C. K., Timney, B., Choi, J., & Rocca, P. T. (1994). Tactual object exploration and recognition in blind and sighted children. *Perception*, 23, 833-848.
- Newell, K. M., Shapiro, D. C., & Carlton, M. J. (1979). Coordinating visual and kinaesthetic memory codes. *British Journal of Psychology*, 70, 87-96.
- Nihei, Y. (1980). Developmental change in motor organization : Covert principles for the organisation of strokes in children's drawing. *Tohoku Psychologica Folia*, 39, 17-23.
- Nihei, Y. (1983). Developmental changes in covert principles for the organization of strokes in drawing and handwriting. *Acta Psychologica*, 54, 846-849.
- Nolan, C. Y. (1960). On the unreality of words to the blind. *The New Outlook for the Blind*, 54, 100-102.
- Nolan, C. Y., & Morris, J. E. (1960). Further results in the development of a test of roughness discrimination. *International Journal for the Blind*, 10, 48-50.
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana, Ill. : University of Illinois Press.
- Osterrieth, P. A. (1945). Le test de copie d'une figure complexe. *Archive de Psychologie*, 30, 205-353.
- Pathak, K., & Pring, L. (1989). Tactual picture recognition in congenitally blind and sighted children. *Applied Cognitive Psychology*, 36, 337-350.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1947). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *L'image mentale chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Picard, D., & Vinter, A. (1999). Representational flexibility in children's drawing : Effects of age and verbal instructions. *British Journal of Developmental Psychology*, 17, 605-622.

- Picard, D., & Vinter, A. (2006). Decomposing and connecting object representations in 5 to 9 year old children's drawing behaviour. *British Journal of Developmental Psychology*, 24, 529-545.
- Picard, D., & Vinter, A. (2007). Relations between procedural rigidity and inter-representational change in children's drawing behaviour. *Child Development*, 74, 522-541.
- Pick, A. D., & Pick, H. L. (1966). A developmental study of tactual discrimination in blind and sighted children and adults. *Psychonomic Science*, 6, 367-368.
- Pont, S., C., Kappers, A. M. L., & Koenderink, J. J. (1997). Haptic curvature discrimination at several regions of the hand. *Perception & Psychophysics*, 59, 1225-1240.
- Pring, L., & Rusted, J. (1985). Pictures for the blind: an investigation of the influence of pictures on the recall of texts by blind children. *British Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 25, 755-774.
- Reed, C., Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1990). Haptic integration of planar size with hardness, texture, and planar contour. *Canadian Journal of Psychology*, 44(4), 522-545
- Revesz, G. (1950). *Psychology and art of the blind*. London : Longmans Green.
- Rey, A. (1956). Mise en correspondance des données perçues sur le plan representative. In P. Osterrieth, J. Piaget, R. de Saussure, J. M. Tanner, H. Wallon, R. Zazzo, B. Inhelder et A. Rey : *Le problème des stades en psychologie de l'enfant*, pp 177-135. Paris : Presse universitaire de France.
- Richard, F., & Portalier, S. (2002). Etude des capacités haptiques chez des sujets aveugles précoces et tardifs. Le statut visuel induit-il un mode de traitement haptique différencié ? *Cahiers de Psychopédagogie Curative et Interculturelle* 1, 22-33.
- Richard, F., Vaz-Cerniglia, C., & Portalier, S. (2004). Evolution des procédures d'exploration haptique chez des sujets voyants, aveugles tardifs et aveugles précoces. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 54, 227-236.
- Rolland, E., & Mortensen, E. (1987). Somatosensory detection of microgeometry, macrogeometry and kinesthesia in man. *Brain Research Reviews*, 12, 1-42.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch et B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization*, pp. 27-48. Hillsdale, N. J., Erlbaum.
- Russier, S. (1999). Haptic discrimination of two-dimensional raised-line shapes by blind and sighted adults. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 421-426.
- Russier, S. (2000). L'influence des processus d'exploration tactilo-kinesthésique sur l'appréhension de formes géométriques bi-dimensionnelles. Thèse de doctorat de Psychologie, Université Lumière Lyon 2, France.
- Sacks, O. (1995). Um antropologo em marte. Sete historias paradoxais. Sao Paulo, *Companhia das Letras*, 8^a re, 2002.
- Siegel, A. W., & Vance, B. J. (1970). Visual and haptic dimensional preference : A developmental study. *Developmental Psychology*, 3, 264-266.

- Simpkins, K. E. (1979). Tactual discrimination of shapes. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 73, 93-101.
- Simpkins, K. E., & Siegel, A. J. (1979). The blind child's construction of the projective straight line. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 73, 233-238.
- Smith, L. B. (1989). A model of perceptual classification in children and adults. *Psychological Review*, 7, 811-824.
- Stanley, G. (1966). Haptic and kinaesthetic estimates of length. *Psychonomic Science*, 5, 377-378.
- Stamback, M., & Pecheux, M. G. (1969). Activités de reproduction de figures géométriques complexes. *Année Psychologique*, 69, 55-66.
- Stamback, M., & Vial, M. (1972). Problèmes posés par la déviance à l'école maternelle. *Bulletin du centre de recherche de l'éducation spécialisée et de l'adaptation scolaire*, 7, 59-74.
- Stellwagon, W. T., & Culbert, S. S. (1963). Comparison of blind and sighted subjects in the discrimination of texture. *Perceptual and Motor Skills*, 17, 61-62.
- Stern, R. A., Singer, E. A., Duke, L. M., Singer, N. G., Morey, C. E., Daughtrey E. W., & Kaplan, E. (1994). The Boston Qualitative Scoring System for the Rey-Osterrieth complex figure : description and interrater reliability. *Clinical Neuropsychologist*, 8, 309-322.
- Streri, A. (1987). Tactile discrimination of shape and intermodal transfer in 2-to-3 month old infants. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 213-220.
- Streri, A. (2000). Les coordinations intermodales chez le bébé. In Hatwell, Y., Streri, A., & Gentaz, E. (Eds.), *Toucher pour connaître. Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*. Paris : Presses Universitaires de France, 193-209.
- Teghtsoonian, M., & Teghtsoonian, R. (1965). Seen and felt length. *Psychonomic Science*, 3, 463-464.
- Teghtsoonian, R., & Teghtsoonian, M. (1970). Two varieties of perceived length. *Perception & Psychophysics*, 8, 389-392.
- Thinus-Blanc, C. & Gaunet, F. (1997). Representation of space in early vision : Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Thomassen, A. J. W. M. (1992). Interaction of cognitive and biomechanical factors in the organization of graphic movements. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds), *Tutorials in Motor Behavior II*. Amsterdam : North Holland.
- Thomassen, A. J. W. M., & Tibosch, J. C. M. (1991). A quantitative model of graphic production. In G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor neuroscience*. Dordrecht : Kluwer.
- Thomassen, A. J. W. M., Meulenbroek, R., & Hoof, M. (1992). Economy and anticipation preference in writing movements. *Visible Language*, 13, 299-313.
- Thompson, L. J. (2004). Object representation and tactile picture perception in blind people. Unpublished doctoral dissertation, Lancaster University, Lancaster, UK.
- Thompson, L. J., & Chronicle, E. (2006). Beyond visual conventions: rethinking the design to tactile diagrams. *The British Journal of Visual Impairment*, 24(2), 76-82.

- Thompson, L. J, Chronicle, E. P., & Collins, A. F. (2003). The role of pictorial convention in haptic picture. *Perception*, 32, 887-893.
- Thompson, L. J, Chronicle, E. P., & Collins, A. F. (2006). Enhancing 2D tactile picture design from knowledge of 3D haptic object recognition. *European Psychologist*, 11(2), 110-118.
- Tinti, C., Galati, D., Vecchi, M. G., De Beni, R., & Cornoldi, C. (1999). Interaction auditory and visual images in persons who are totally blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 579-583.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 95, 15-48.
- Tubiana, R., Thomine, J. M. (1990). *La main : Anatomie fonctionnelle et examen clinique*. Paris : Masson.
- Ungar, S., Blades, M., & Spencer, C. (1995). Mental rotation of tactile layout by young visually impaired children. *Perception*, 24, 891-900.
- Van Sommers, P. (1984). *Drawing and cognition: Descriptive and experimental studies of graphic production processes*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Verba, N. (1974). Espace graphique : Rôle de la présence du modèle dans la construction de figures géométriques complexes. *Enfance*, 1, 81-92.
- Vinter, A. (1994). Hierarchy among graphic production rules : A developmental approach. In Faure, Keuss, Lorette and Vinter (Eds.), *Advances in Handwriting and Drawing : A multidisciplinary approach*. Paris : Europa, pp. 275-288.
- Vinter, A. (1999). How meaning modifies drawing behaviour in children. *Child Development*, 70, 33-49.
- Vinter, A., & Picard, D. (1996). Drawing behaviour in children reflects internal representational changes. In M. L. Simner, C. G. Leedham, & A. J. W. M. Thomassen (Eds.), *Handwriting and Drawing Research*. Amsterdam : IOS Press, 171-185.
- Vinter, A., Picard, D., & Fernandes, V (2008). Graphix syntax and representational development. In C. Lange-Kutter & A. Vinter (Eds.), *The development of drawing and non verbal intelligence*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Wijntjes, M. W. A., Lienen, T. van, Verstijnen, I. M., & Kappers, A. M. L. (2008). Look what I have felt : unidentified haptic line drawing are identified after sketching. *Acta Psychologica*, 128, 255-263.
- Wijntjes, M. W. A., Lienen, T. van, Verstijnen, I. M., & Kappers, A. M. L. (en presse). The influence of picture size on recognition and exploratory behaviour in raised line drawing perception. *Perception*, doi:10.1068/p 5714.
- Williats, J. (1985). Drawing system revisited: the role of denotation systems in children's figure drawing. In Freeman, N.H., & Cox, M.V. (Eds.), *Visual order: the nature and development of pictorial representation* (pp. 78-99). Cambridge : Cambridge University Press.

- Williats, J. (1987). Marr and pictures : An information-processing account of children's drawings. *Archives de Psychologie*, 55, 105-125.
- Witkin, H. A., Birnbaum, J., Lomonaco, S., Lehr, S., & Herman, J. R. (1968). Cognitive patterning in congenitally blind children. *Child Development*, 39, 767-786.
- Worchel, P. (1951). Space perception and orientation in the blind. *Psychological Monograph*, 65(15).
- Wyndoodt, P., Gentaz, E., & Streri, A. (2006). Role of force cues in the haptic estimations of a virtual length. *Experimental Brain Research*, 171, 481-489.
- Zaporozhets, A. V. (1965). The development of perception in the preschool child. *Monographs of the Society for Research on Child Development*, 30, 82-102.
- Zhi, Z., Thomas, G. V., & Robinson, E. J. (1997). Constraints on representational changes: Drawing a man with two heads. *British Journal of Developmental Psychology*, 15: 275-290.
- Zimler, J., & Keenan, M. (1983). Imagery in the congenitally Blind : How visual are visual images? *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and cognition*, 9, 269-282.

ANNEXES

ANNEXE 1

Classification des déficiences visuelles

L'Organisation Mondiale de la Santé a défini cinq catégories de déficiences visuelles numérotées de 1 à 5. Les catégories 1 et 2 correspondent à ce qu'il est convenu d'appeler malvoyance. On parle aussi de basse vision ou d'amblyopie ou encore de vision réduite. Les catégories 3, 4 et 5 correspondent à la cécité. En revanche, la classification française reconnaît la cécité pour les catégories OMS 4 et 5.

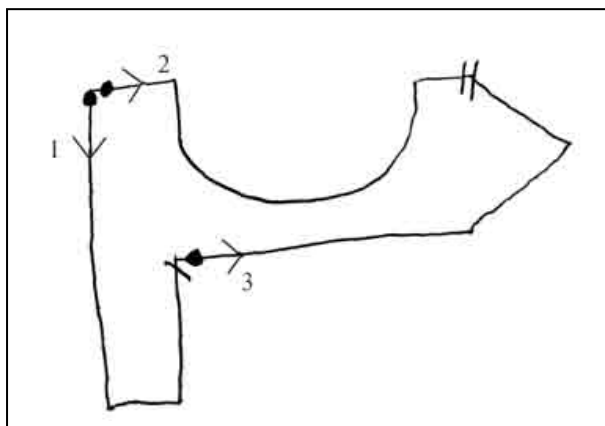
	CATEGORIE I
B A S S E	Acuité visuelle binoculaire corrigée comprise entre 1/10 ^e inclus et 3/10 ^e exclu champ visuel $\pm 20^\circ$
V	CATEGORIE II
I S I O N	Acuité visuelle binoculaire corrigée comprise entre 1/20 ^e inclus et 1/10 ^e exclu C.L.D. à 3 mètres
	CATEGORIE III
C E C	Acuité visuelle binoculaire corrigée comprise entre 1/50 ^e inclus et 1/20 ^e exclu C.L.D. à 1 mètre
I	CATEGORIE IV
T E	Acuité visuelle binoculaire corrigée comprise entre P.L. inclus et 1/50 ^e exclu ou champ visuel $< 5^\circ$
	CATEGORIE V
	Cécité absolue A fortiori absence d'oeil

ANNEXE 2

Exemples de cotation de la continuité pour les formes géométriques

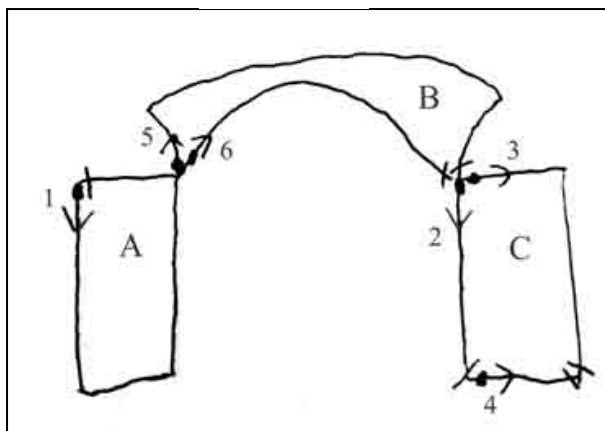
Rappelons que le point de départ des mouvements est indiqué par un rond : ●, la fin d'un tracé est indiquée par une barre : /. Chaque chiffre correspond à un tracé et indique l'ordre dans lequel il a été effectué.

Exemple 1



Dans ce dessin, il n'y a qu'une unité graphique. Elle est effectuée en 3 tracés donc de manière discontinue. On va alors coter 0.

Exemple 2

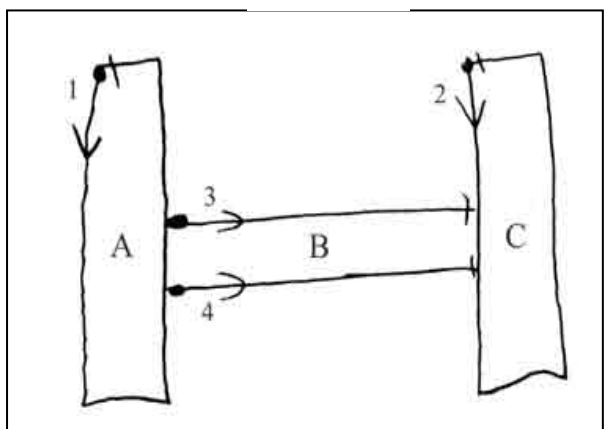


Dans ce dessin, il y a 3 unités graphiques : élément A, B, C.

- ❑ L'élément A est effectué en un seul tracé, donc en continu. On cote 1.
- ❑ L'élément B est effectué en deux tracés, donc de façon discontinue. On cote 0.
- ❑ L'élément C est effectué en 3 tracés, donc de façon discontinue. On cote 0.

Ensuite on additionne le score obtenu à chaque unité que l'on va diviser par le nombre d'unités : $(1+0+0)/3 = 0,33$.

Exemple 3



Dans ce dessin, il y a 3 unités graphiques : élément A, B, C. Toutefois, on ne va considérer que 2 éléments : A et C. En effet, l'élément B sert à relier les éléments A et C et ne peut en aucune façon être effectué en continuité. Dans le cas où l'unité est obligatoirement dessinée en discontinu, on ne va pas coter la continuité pour cet élément.

- ❑ L'élément A est effectué en un seul tracé, donc en continu. On cote 1.
- ❑ L'élément C est effectué en 1 tracé, donc en continu. On cote 1.

Ensuite on additionne le score obtenu à chaque unité que l'on va diviser par le nombre d'unités : $(1+1)/2 = 1$

ANNEXE 3 : Caractéristiques de la population des aveugles ayant participé à la collecte de dessin et aux descriptions verbales

* Type de lecture : Unimanuelle (= Uni) ou Bimanuelle (= Bi)

** Pratique : 1 = Aucune pratique (= jamais) ; 2 = Pratique rare ; 3 = 1 à 2 fois par mois ; 4 = 1 à 2 fois par semaine ; 5 = Tous les jours

Groupe des aveugles de 6-7 ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	M	G	4	Syndrome de Peters	CP	Oui	Bi	4	5	Feuille
2	France	F	D	4	Hypoplasie des nerfs optiques et du chiasma	CE1	Oui	Bi	3	4	Planche Dycem
3	France	M	D	5	Rétinopathie des prématurés	CE1	Oui	Bi	2	4	Planche Dycem
4	France	F	G	4	Non indiqué	CE2	Oui	Bi	2	4	Feuille
5	Belgique	M	D	4	Grande prématurité	CP (Classe spécialisée)	Non indiqué	Non indiqué	5	1	Feuille
6	Quebec	F	D	5	Anophtalmie bilaterale congénitale	Grande Section de Maternelle	Oui	Uni	4	3	Feuille
7	Niger	M	D	5	Non indiqué	Grande Section de Maternelle	Oui	Non indiqué	1	1	Planche Dycem
8	Niger	F	D	4	Non indiqué	Clam initiation	Oui	Uni	1	1	Planche Dycem

Groupe des aveugles de 8-9 ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	M	D	4	Amaurose de Leber	CE2	Oui	Bi	1	2	Planche Dycem
2	France	F	D	5	Rétinopathie du prématuré ayant entraîné une fibroplasie rétrolentale	CE1	Oui	Uni	1	4	Planche Dycem
3	France	F	D	5	Non indiqué	CE1	Oui	Bi	2	4	Planche Dycem
4	France	F	D	5	Non indiqué	CE2/CM1	Oui	Bi	5	2	Planche Dycem
5	Belgique	F	D	4	Cataracte + glaucome bilatéral congénital	CE2	Oui	Bi	5	3	Feuille
6	Québec	F	D	4	Nerf optique	CM1	Oui	BI	4	3	Feuille
7	Québec	M	D	4	Rétinopathie des prématurés	CM1	Oui	Bi	3	4	Feuille
8	Québec	F	D	4	Déficiencia en protéina C	CM1	Oui	Bi	4	4	Feuille

Groupe des aveugles de 10-11ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	M	D	4	Amaurose congénitale de Leber	CM2	Oui	Bi	4	3	Planche Dycem
2	France	M	D	5	Microphtalmie droit, agénésie globe oculaire gauche	CM1	Oui	Bi	4	3	Feuille
3	France	F	D	4	Neuropathie optique de Leber	CM1	Oui	Bi	4	1	Planche Dycem
4	Suisse	F	D	5	Pas d'yeux à la naissance	CE1	Oui	Bi	2	4	Planche Dycem
5	Suisse	M	D	4	Congénital	CE1	Oui	Bi	5	3	Feuille
6	Québec	M	D	4	Amaurose de Leber	CM2	Oui	Uni	4	3	Feuille
7	Québec	M	D	5	Non Indiqué	CM2	Oui	Bi	4	3	Feuille
8	Lituanie	F	D	4	Rétinopathie du prématuré des deux yeux; amblyopie nystagmus	CM1	Oui	Bi	4	4	Feuille

Groupe des aveugles de 12-13-14 ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	F	D	5	Syndrome d'Alstrom	4 ^{ème}	Oui	Bi	4	3	Planche Dycem
2	France	F	D	4	Maladie de Crouzon	6 ^{ème}	Oui	Bi	3	3	Planche Dycem
3	France	F	D	4	Cause infectieuse	5 ^{ème}	Oui	Bi	4	4	Planche Dycem
4	France	F	D	4	Glaucome	6 ^{ème}	Oui	Bi	5	3	Feuille
5	France	M	D	5	Glaucome	6 ^{ème}	Oui	Bi	4	2	Planche Dycem
6	Belgique	F	D	5	Amaurose bilatérale de Leber	5 ^{ème}	Oui	Uni	4	4	Planche Dycem
7	Suisse	M	G	4	Atrophie congénitale du nerf optique œil gauche et droit	5 ^{ème}	Oui	Uni	3	4	Feuille
8	Québec	M	G	4	Amaurose de Leber, Nystagmus	6 ^{ème}	Oui	Bi	3	4	Feuille

Caractéristiques de la population des malvoyants ayant participé à la collecte de dessin et aux descriptions verbales

* Type de lecture : Unimanuelle (= Uni) ou Bimanuelle (= Bi)

** Pratique : 1 = Aucune pratique (= jamais) ; 2 = Pratique rare ; 3 = 1 à 2 fois par mois ; 4 = 1 à 2 fois par semaine ; 5 = Tous les jours

Groupe des malvoyants de 6-7 ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	F	D	3	Rétinite pigmentaire	CE1	Oui	Bi	3	4	Feuille
2	France	M	D	1	Pas indiqué	CP	Non		5	3	Feuille
3	France	M	D	2	Rétinite pigmentaire	CE1	Non		4	3	Feuille
4	France	F	D	2	Pas indiqué	CE2	Oui	Bi	4	1	Feuille
5	Belgique	M	D	1	Tumeur derrière le chiasma optique	CP	Non		5	2	Feuille
6	Belgique	F	D	3	Cataracte congénitale bilatérale	CP	Oui mais aussi lecture en noir		4	3	Feuille
7	Belgique	M	G	2	Achromotopsie	CE1	Non		4	1	Feuille
8	Belgique	M	D	1	Albinisme oculo cutané, strabisme hypermétropie bilatérale sévère	CE1	Non		4	2	Feuille

Groupe des malvoyants de 8-9 ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	F	D	2	Rétinite pigmentaire	CM1	Oui + lecture en noir	Bi	4	4	Planche Dycem
2	France	M	D	3	Décollement de rétine	CE1	Oui + lecture en noir	Uni	3	1	Feuille
3	Belgique	F	D	1	Cataracte congénitale bilatérale + glaucome	CE2	Non		5	1	Feuille
4	Suisse	F	D	1	Non indiqué	CE2	Non		4	3	Feuille
5	Suisse	M	D	1	ptose congénitale droite, syndrome de Claude Bernard, hormones droit	CM1	Non		4	1	Feuille
6	Burkina Faso	M	D	1	cataracte congénitale	CE2	Oui	Uni	3	1	Feuille
7	Niger	F	D	1	Non indiqué	CE1	Oui	Bi	1	1	Planche Dycem
8	Niger	F	D	1	Non indiqué	CP	Oui	Bi	1	1	Planche Dycem

Groupe des malvoyants de 10-11ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	F	D	3	Amaurose congénitale de Leber	CM2	Oui	Bi	4	4	Feuille
2	France	M	D	3	Cataracte congénitale	Classe spécialisée	Oui	Bi	5	1	Feuille
3	France	F	D	1	Rétinite pigmentaire	CE1	Non		5	4	Feuille
4	France	F	D	3	Aniride bilatérale	CLIS	Non		4	1	Feuille
5	France	M	D	2	Réthinoschisis juvénile lié à l'X fragile (maladie génétique rare), nystagmus bilatéral	CM2	Non		4	1	Feuille
6	France	M	D	1	Nystagmus congénital, strabisme convergent	CE2	Non		3	1	Feuille
7	Belgique	M	D	1	Albinisme oculaire + nystagmus important	CM1	Non		3	2	Feuille
8	Belgique	M	D	1	Cataracte congénitale avec nystagmus	CM2	Non		3	1	Feuille

Groupe des malvoyants de 12-13-14 ans

	Pays	Sexe	Latéralité	Catégorie OMS	Cause du déficit	Niveau scolaire	Lecture en Braille	Type de lecture *	Pratique Dessin **	Pratique Livre Tactile**	Matériel utilisé
1	France	M	D	3	Glaucome congénital	4 ^{ème}	Oui	Bi	4	2	Feuille
2	France	F	G	1	Cataracte congénitale	4 ^{ème}	Non		3	1	Feuille
3	France	F	D	2	Maladie de Stargardt	4 ^{ème}	Non		4	1	Feuille
4	France	F	D	1	Méningite néo-natale	5 ^{ème}	Non		4	1	Feuille
5	France	F	D	1	Myopie forte	4 ^{ème}	Non		1	1	Feuille
6	France	F	D	1	Rétinite pigmentaire	4 ^{ème}	Non		1	2	Feuille
7	Belgique	F	D	2	Albinisme oculocutané	6 ^{ème}	Oui	Uni	4	1	Feuille
8	Québec	M	D	2	déficit génétique	5 ^{ème}	Oui	Uni	4	3	Feuille

Caractéristiques de la population des voyants ayant participé à la collecte de dessin et aux descriptions verbales

	Age	Sexe	Latéralité	Niveau scolaire	Pratique Dessin **
1	6-7	M	D	CE1	4
2	6-7	M	D	CE1	4
3	6-7	M	D	CE1	4
4	6-7	F	G	CE1	5
5	6-7	F	D	CE1	5
6	6-7	M	D	CE1	4
7	6-7	M	D	CE1	4
8	6-7	M	D	CE1	4
1	8-9	F	D	CE1	4
2	8-9	F	D	CE1	4
3	8-9	M	D	CM1	4
4	8-9	M	D	CM1	5
5	8-9	M	D	CM1	5
6	8-9	F	D	CM1	3
7	8-9	F	D	CM1	3
8	8-9	F	D	CM1	3

	Age	Sexe	Latéralité	Niveau scolaire	Pratique Dessin **
1	10-11	F	D	6 ^{ème}	4
2	10-11	M	D	6 ^{ème}	1
3	10-11	M	D	6 ^{ème}	4
4	10-11	M	D	6 ^{ème}	4
5	10-11	M	D	6 ^{ème}	4
6	10-11	M	D	6 ^{ème}	4
7	10-11	F	D	6 ^{ème}	4
8	10-11	F	D	6 ^{ème}	3
1	12-13-14	F	D	6 ^{ème}	3
2	12-13-14	F	D	4 ^{ème}	4
3	12-13-14	F	D	4 ^{ème}	4
4	12-13-14	F	D	4 ^{ème}	4
5	12-13-14	F	D	4 ^{ème}	3
6	12-13-14	M	D	4 ^{ème}	3
7	12-13-14	M	G	4 ^{ème}	3
8	12-13-14	F	D	4 ^{ème}	4

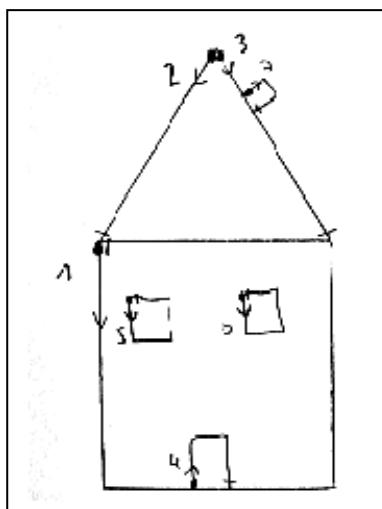
** Pratique : 1 = Aucune pratique (= jamais) ; 2 = Pratique rare ; 3 = 1 à 2 fois par mois ; 4 = 1 à 2 fois par semaine ; 5 = Tous les jours

ANNEXE 4

Exemple de calcul de la continuité pour le dessin d'objets familiers

Exemple de calcul de la continuité appliqué au dessin de la maison :

Rappelons que le point de départ des mouvements est indiqué par un rond : • , la fin d'un tracé est indiquée par une barre : /. Chaque chiffre correspond à un tracé et indique l'ordre dans lequel il a été effectué.



Dans ce dessin, il y a 6 éléments différents, donc 6 unités de dessin à considérer. Il s'agit du corps de la maison, du toit, des fenêtres, de la porte et de la cheminée. On va coter la continuité pour chaque unité :

- ☐ le corps de la maison a été effectué en un seul tracé, donc en continu. On cote 1
- ☐ le toit de la maison a été réalisé en deux tracés, donc de façon discontinue. On cote 0.
- ☐ la fenêtre de gauche a été dessinée en un seul tracé, donc de manière continue. On cote 1.
- ☐ la fenêtre de droite a été dessinée en un seul tracé, donc de manière continue. On cote 1.
- ☐ la porte est également réalisée en un tracé, donc en continu. On cote 1.
- ☐ la cheminée est faite en 1 seul tracé. On cote à nouveau 1.

Enfin, on additionne le score obtenu à chaque unité que l'on divise par le nombre total d'unités :
 $(1+0+1+1+1+1)/6 = 0,83$.

On obtient alors un score de continuité de 0,83 pour ce dessin de la maison.