



HAL
open science

L'impact cognitif des dispositifs médiatiques sur les enfants d'âge préscolaire en situation d'apprentissage avec un adulte. Étude d'un cas de simulateur informatique dans le contexte d'une exposition scientifique

François-Xavier Bernard

► **To cite this version:**

François-Xavier Bernard. L'impact cognitif des dispositifs médiatiques sur les enfants d'âge préscolaire en situation d'apprentissage avec un adulte. Étude d'un cas de simulateur informatique dans le contexte d'une exposition scientifique. Education. Université René Descartes - Paris V, 2006. Français. NNT: . tel-00258740v1

HAL Id: tel-00258740

<https://theses.hal.science/tel-00258740v1>

Submitted on 25 Feb 2008 (v1), last revised 2 Nov 2018 (v2)

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

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

UNIVERSITÉ PARIS 5 - RENÉ DESCARTES
SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES - SORBONNE

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS 5

Sciences de l'Éducation

présentée et soutenue publiquement

par

François-Xavier BERNARD

L'IMPACT COGNITIF DES DISPOSITIFS MÉDIATIQUES
SUR LES ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE EN
SITUATION D'APPRENTISSAGE AVEC UN ADULTE
Étude d'un cas de simulateur informatique dans le contexte
d'une exposition scientifique

Directeurs de thèse : Annick WEIL-BARAIS et Michel CAILLOT

Année 2006

UNIVERSITÉ PARIS 5 - RENÉ DESCARTES
SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES - SORBONNE

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS 5

Sciences de l'Éducation

présentée et soutenue publiquement

par

François-Xavier BERNARD

L'IMPACT COGNITIF DES DISPOSITIFS MÉDIATIQUES
SUR LES ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE EN
SITUATION D'APPRENTISSAGE AVEC UN ADULTE
Étude d'un cas de simulateur informatique dans le contexte
d'une exposition scientifique

Directeurs de thèse : Annick WEIL-BARAIS et Michel CAILLOT

Année 2006

Soutenue le 20 novembre 2006

Membres du jury :

Monsieur Éric Bruillard, Professeur,

Monsieur Michel Caillot, Professeur - Directeur de thèse,

Madame Hana Gottesdiener, Professeur,

Monsieur Jack Guichard, Professeur, Directeur du *Palais de la découverte* (Paris),

Madame Annick Weil-Barais, Professeur - Directeur de thèse.

Remerciements

Mes remerciements vont en premier lieu à mes deux directeurs de thèse,

Annick Weil-Barais, pour la confiance qu'elle m'a accordée au commencement de mon cursus doctoral - et sans laquelle cette recherche n'aurait pas débuté -, pour son exigence intellectuelle et sa disponibilité permanente ;

Michel Caillot, également pour sa confiance et ses conseils, en particulier à l'occasion du séminaire du samedi matin "aux Saints-Pères", dont les séances ont rythmé ces trois années de thèse et dont l'ambiance stimulante a largement contribué à son avancement.

À la *Cité des sciences et de l'industrie*, je remercie les responsables des expositions pour m'avoir permis de mener à bien ce travail ainsi que Marie-Claire Habib, du département *évaluation et prospective*, pour son aide précieuse. Au CNRS, je remercie Michael Baker, chargé de recherche, pour ses conseils avisés.

Mes remerciements vont bien sûr à tous les enfants, visiteurs en herbe, ainsi qu'à leurs parents, qui ont bien voulu se prêter au jeu de cette recherche, avec souvent beaucoup d'enthousiasme. Celle-ci n'aurait pu avoir lieu sans leur participation.

Enfin je remercie ma famille et mes proches, en particulier ma compagne Rodica Ailincăi, qui m'a entraîné sur ses pas dans cette aventure intellectuelle et grâce à laquelle tout a finalement commencé. Je lui adresse ici tous mes remerciements pour toute l'aide et le soutien qu'elle m'a apportés.

Je dédie cette thèse à mes parents.

Table des matières

Introduction	15
PREMIÈRE PARTIE - Apprendre dans l'interaction avec un simulateur informatique :	
vers la conception d'un modèle de la situation médiatique.....	21
Chapitre 1 - Les enfants d'âge préscolaire, les TIC et les sciences	23
1.1 <i>Introduction - Que nous apprennent les recherches sur les TIC dans l'éducation ?.....</i>	23
1.2 <i>Jeunes enfants et informatique, les premières recherches.....</i>	24
1.2.1 L'expérimentation LOGO	25
1.2.2 Les autres expérimentations	28
1.3 <i>Le couple "informatique" et jeune enfant, un objet de recherche peu porteur aujourd'hui.....</i>	31
1.3.1 Des études localisées centrées sur les ressources et les usages	31
1.3.2 Des enquêtes où il est peu question d'enfants en bas âge.....	31
1.3.3 Des préoccupations qui évoluent	33
1.4 <i>Les TIC et les sciences à l'école primaire.....</i>	35
1.4.1 La place de la simulation	36
1.4.2 Les limites et précautions d'usage de la simulation	37
1.4.3 Le recours aux musées de sciences pour l'expérimentation	38
1.5 <i>Les TIC dans les expositions scientifiques.....</i>	38
1.5.1 L'émergence du multimédia dans les musées	39
1.5.2 Les dispositifs de simulation dans les expositions scientifiques.....	40
1.5.3 La place de l'informatique dans les expositions de la <i>Cité des sciences et de l'industrie</i>	41
1.5.4 La place de l'informatique dans les expositions de la <i>Cité des enfants</i>	42
1.6 <i>Conclusion du chapitre.....</i>	43
Chapitre 2 - La simulation informatique en sciences : avantages et inconvénients.....	45
2.1 <i>Introduction - La simulation en situation d'apprentissage, une pratique courante.....</i>	45
2.2 <i>La simulation, approche d'une définition générale.....</i>	46
2.3 <i>La simulation en sciences : aspects didactiques.....</i>	47

2.3.1	Les intérêts de la simulation	47
2.3.2	Les limites de la simulation	49
2.4	<i>Point de vue psychologique</i>	50
2.5	<i>Objets symboliques et objets réels</i>	52
2.5.1	La polysémie des images.....	53
2.5.2	Les objets symboliques pour agir sur le réel	54
2.6	<i>Exemples de recherches sur l'articulation réel/virtuel</i>	56
2.6.1	Dans le cadre d'activités de simulation	56
2.6.2	Dans le cadre d'activités indépendantes	57
2.7	<i>Conclusion du chapitre</i>	59

Chapitre 3 - De la nécessité d'une médiation humaine et d'une approche

instrumentale : vers le modèle du *carré médiatique*..... 61

3.1	<i>Introduction</i>	61
3.2	<i>Les expositions scientifiques interactives pour enfants</i>	62
3.2.1	Des expositions d'un genre nouveau	62
3.2.2	Une muséologie de l'interactivité et de l'interaction	63
3.3	<i>La Cité des enfants, une offre muséologique innovante</i>	64
3.3.1	Un lieu d'apprentissage particulier.....	65
3.3.2	Le concept de transposition médiatique	67
3.3.3	Le concept d'impact médiatique.....	68
3.4	<i>L'interaction adulte/enfant en situation d'apprentissage</i>	70
3.4.1	La nécessité d'une médiation humaine.....	70
3.4.2	Le rôle de l'adulte	72
3.5	<i>Les conduites des parents dans les expositions interactives scientifiques pour enfants</i>	74
3.5.1	Les conduites des parents à la <i>Cité des enfants</i>	74
3.5.2	Les études sur l'exposition des 3/5 ans	75
3.6	<i>Le carré médiatique</i>	76
3.6.1	Une appropriation des objets techniques non immédiate	78
3.6.2	La distinction entre objet technique et instrument	78
3.6.3	Du triangle au carré pédagogique.....	81
3.6.4	Du <i>carré pédagogique</i> au <i>carré médiatique</i>	82
3.6.5	Quelques illustrations	86
3.7	<i>Conclusion du chapitre</i>	90

DEUXIÈME PARTIE - Étude d'un dispositif informatique simulant des mélanges de couleurs dans une exposition scientifique pour enfants	93
Chapitre 4 - Domaine de savoir et outils d'évaluation.....	95
4.1 <i>Introduction.....</i>	95
4.2 <i>Le dispositif médiatique utilisé.....</i>	96
4.2.1 L'élément d'exposition « dessine avec ton doigt »	96
4.2.2 L'utilisation naturelle du dispositif.....	98
4.2.3 L'utilisation du dispositif dans le cadre de la recherche.....	99
4.3 <i>Couleurs et vision.....</i>	100
4.3.1 La couleur	101
4.3.2 Synthèse additive et synthèse soustractive.....	102
4.4 <i>Peintures et mélanges.....</i>	103
4.4.1 Le mélange des pigments ou la synthèse soustractive des couleurs.....	103
4.4.2 La couleur et les mélanges à l'école maternelle	104
4.5 <i>Tests de connaissance des couleurs proposés aux enfants</i>	106
4.5.1 Description des tests	106
4.5.2 Résultats des tests	107
4.6 <i>Population et déroulement général.....</i>	108
4.6.1 Population	108
4.6.2 Déroulement général.....	110
4.7 <i>Conclusion.....</i>	111
Chapitre 5 - Identification des enfants susceptibles de bénéficier du simulateur au plan cognitif	113
5.1 <i>Objectifs de l'étude.....</i>	113
5.2 <i>Descriptif de l'étude.....</i>	114
5.2.1 Population	115
5.2.2 Déroulement face au dispositif de simulation	116
5.2.3 Déroulement de l'entretien face aux objets physiques.....	119
5.2.4 Les outils de recueil des données : enregistrements et fiche-outil.....	120
5.2.5 La méthode de l'expérimentation compréhensive	125
5.3 <i>Résultats et analyse.....</i>	125
5.3.1 Fiche-parcours individuelle.....	126
5.3.2 Fiche-parcours synthétique	132

5.4	<i>Discussion et bilan intermédiaire</i>	136
Chapitre 6 -	Impact du simulateur dans des conditions naturelles d'accompagnement	141
6.1	<i>Objectifs de l'étude et plan d'observation</i>	141
6.2	<i>Choix de la population et constitution de l'échantillon</i>	143
6.2.1	Genre et âge des enfants sollicités.....	143
6.2.2	Difficultés liées aux choix méthodologiques.....	145
6.2.3	Présentation de l'étude aux parents.....	145
6.2.4	Critères d'exclusion mis en place.....	146
6.3	<i>Caractéristiques de la population</i>	148
6.3.1	Réponses apportées au questionnaire durant le pré-test.....	148
6.3.2	Analyse des réponses.....	151
6.4	<i>Protocole d'étude</i>	152
6.4.1	Mesure de l'impact du simulateur.....	153
6.4.2	Déroulement du pré-test.....	154
6.4.3	Déroulement de l'activité sur simulateur.....	156
6.4.4	Déroulement du post-test.....	157
6.5	<i>Évaluation de l'impact du simulateur</i>	159
6.5.1	Résultat en fonction du statut du tuteur.....	160
6.5.2	Résultat en fonction de l'âge des enfants.....	161
6.5.3	Résultat en fonction du genre.....	162
6.5.4	Résultat en fonction de la durée de l'activité.....	163
6.5.5	Influence des différents critères retenus.....	164
6.6	<i>Conduites des parents et des enfants</i>	165
6.6.1	Conduites des parents durant l'activité.....	166
6.6.2	Conduites des enfants durant l'activité.....	171
6.6.3	Conduites des enfants durant le post-test.....	172
Chapitre 7 -	Caractérisation des interactions à l'aide du modèle du carré médiatique	175
7.1	<i>Introduction</i>	175
7.2	<i>Caractérisation des interactions à l'aide du carré médiatique</i>	176
7.2.1	Découpage du corpus interactif.....	176
7.2.2	Configurations du carré médiatique.....	179
7.2.3	Codage des séquences à l'aide du modèle.....	187
7.2.4	Exemples de codages.....	189
7.3	<i>Caractéristiques individuelles des interactions</i>	198

7.3.1	Caractérisation des interactions à l'aide des diagrammes	198
7.3.2	Caractérisation des interactions à l'aide d'un triplet de graphiques	207
7.4	<i>Analyse comparative des interactions</i>	208
7.4.1	Analyse selon le contenu informationnel des échanges	209
7.4.2	Analyse selon l'auteur des manipulations	212
7.4.3	Analyse selon le caractère des échanges	216
7.5	<i>Synthèse des analyses</i>	217
Conclusions et perspectives		221
Bibliographie		233
Index des illustrations.....		249
	Index des figures	249
	Index des tableaux	250
	Index des encadrés	251
Index des auteurs		253

Introduction

Les musées de sciences, et en premier lieu les centres de vulgarisation des sciences et techniques ¹, ont pour vocation première de participer à la diffusion de la culture scientifique et technique auprès du plus grand nombre. Ce rôle fondamental qui est le leur, a été confirmé comme une nécessité dans différents rapports institutionnels (Jantzen, 2001 ; Blandin & Renar, 2002/2003 ; Hamelin, 2003), ainsi que dans le plan national présenté sur ce même thème en 2004 (Ministère de la culture & Ministère délégué à la recherche, 2004). Sans revenir en détail sur les raisons d'une telle préoccupation pour la diffusion de la culture scientifique et technique, disons seulement qu'une sorte de regard désenchanté porte depuis quelques temps sur les sciences. Outre un certain scepticisme, voire une méfiance, que suscitent les manifestations du progrès scientifique et technologique ², les vocations scientifiques reculent, comme en témoigne la forte diminution des inscriptions dans les filières scientifiques universitaires depuis plusieurs années (AFNEUS, 2001 ; Porchet, 2002). Parmi les nombreux points de réflexion abordés dans les différents rapports cités, il en est deux qui retiennent notre attention : l'esprit scientifique doit être partagé dès le plus jeune âge et il doit être partagé dans et hors l'école. Les musées de sciences et les centres de vulgarisation scientifique ont donc un rôle premier à jouer dans cette perspective ³. L'image de la science est bien sûr en jeu, mais pas seulement : ces lieux sont aujourd'hui considérés par un certain nombre de chercheurs comme de véritables terrains d'apprentissage ⁴.

Dans ces établissements, les concepteurs d'expositions ont recours à des instruments de médiation variés pour proposer aux visiteurs différentes approches des contenus scientifiques. Précisons qu'à l'expression instruments de médiation, ou plus simplement média,

¹ En France, la *Cité des sciences et de l'industrie* à Paris et le réseau des Centres de culture scientifique, technique et industrielle en régions.

² Force est de constater que ce sont les manifestations les plus négatives qui marquent les esprits, comme le rappelle le vingtième "anniversaire" en 2006 de la catastrophe de Tchernobyl..., pour ne citer que la plus médiatisée d'entre elles.

³ Ce rôle confié aux expositions et aux musées de sciences n'est toutefois pas nouveau (Gottesdiener, 1993 ; Gottesdiener *et al.*, 1993), puisque comme le rappelle l'auteur à propos des études d'évaluation de ces institutions : « *c'est à l'occasion de la diffusion de la culture scientifique et technique - question qui avait été affirmée de façon très nette par les instances nationales - que les premières études d'évaluation en France avaient été réalisées et tout particulièrement au moment de la mise en place de la Cité des sciences et de l'industrie (...).* » (Gottesdiener, 1993, p.1)

⁴ Nous traiterons cette question dans le Chapitre 3.

nous donnons la définition retenue par Guichard et Martinand dans l'ouvrage *Médiatique des sciences*, à savoir « *toute situation socialement organisée et techniquement outillée mettant en rapport des destinataires avec un savoir ou des représentations sociales.* » (Guichard & Martinand, 2000, p. 5). L'exposition scientifique est donc en soi un média, qui combine lui-même différents dispositifs médiatiques, en vue de délivrer ses messages : manipulations interactives, objets, maquettes, images, textes, panneaux, audiovisuels, logiciels, etc. A côté de la dimension multi-média - sens premier du mot *multimédia* - à laquelle renvoie donc une exposition scientifique, est apparue une seconde définition. Depuis une dizaine d'années ⁵ en effet, le terme est utilisé pour désigner toute technologie intégrant sur un même support des données numérisées de différentes natures (son, texte, images fixes ou animées), consultables de manières interactives. En résumé, comme le notent Baron et Bruillard (1996, p. 90) : « *alors qu'initialement, "média" désignait un média physique, il se réfère maintenant bien souvent à un type de données numérisées traitable par logiciel.* »

C'est sur les dispositifs multimédias, pris dans ce sens second, que nous allons nous pencher dans le cadre de notre recherche, même si notre réflexion portera parfois sur les dispositifs médiatiques dans leur ensemble. Dans les expositions scientifiques, les outils ⁶ informatiques sont en effet mis au service d'un certain nombre de situations de médiation, aux côtés d'une diversité d'autres médias physiques. C'est notamment lorsqu'ils sont utilisés à des fins de simulation que nous allons nous y intéresser. La simulation informatique s'avère en effet nécessaire dans les expositions, pour rendre compte de phénomènes naturels ou de processus techniques, impossibles à présenter dans des conditions réelles. Les musées de sciences destinés aux enfants font également appel à des dispositifs de simulation, mais nous savons peu de choses sur leur impact au plan cognitif, lorsqu'ils sont utilisés dans les conditions particulières d'une visite d'exposition.

Le terme d'impact est emprunté à Guichard qui s'est largement penché sur la question des processus de transmission et d'appropriation des connaissances scientifiques, *via* les expositions et plus globalement les médias de vulgarisation scientifiques. Il a notamment montré que l'environnement muséal confère à l'apprentissage un caractère spécifique, différent du cadre scolaire à plus d'un titre. Pour cette raison Guichard (1999, p. 97) a introduit le concept d'impact médiatique, mieux approprié que la notion d'objectif aux conditions d'utilisation des dispositifs médiatiques : « *contrairement aux objectifs, la notion d'impact*

⁵ Dans le dictionnaire *Le Petit Robert*, c'est à partir de 1995 que cette seconde définition apparaît.

⁶ Nous emploierons indifféremment les termes "outil" et "instrument", même s'ils ont en toute rigueur un sens différent, du point de vue notamment de l'usage qui en est fait (Bruillard, 1998).

médiatique ne s'inscrit pas dans un curriculum : elle ne prend en compte qu'un résultat souhaité. Elle s'applique à un dispositif non modifiable lors de l'usage dans une situation non contrainte et elle prend en compte l'absence de régulation par le concepteur (à la différence de l'enseignant face aux élèves). » L'impact médiatique exprime ainsi les effets des dispositifs muséographiques et multimédias, sur leurs utilisateurs.

La recherche doctorale présentée dans ce mémoire porte donc sur l'apport des outils informatiques, conçus à des fins de simulation, dans les expositions scientifiques pour enfants. Notre question principale est de déterminer si ce type de dispositif médiatique, destiné à donner une représentation de la réalité et dont on ne peut faire l'économie pour aborder certains domaines de connaissances, présente un intérêt au plan cognitif pour le jeune public visiteur. Pour y répondre, nous allons tenter de déterminer l'impact de ces dispositifs dans des conditions naturelles d'utilisation. Cette préoccupation a suscité deux interrogations majeures, l'une concernant l'apport de ces outils au plan cognitif pour les enfants qui les manipulent, l'autre concernant l'impact du tutorat exercé par les adultes accompagnant les enfants lors de la manipulation. Pour reprendre les propos tenus par Perriault en introduction de son livre *Éducation et nouvelles technologies* (2002, p. 6) concernant le rôle des machines à communiquer dans les activités de formation, nous allons « *tenter d'élucider les processus d'appropriation par une double incursion d'une part, dans le domaine cognitif car ces machines sollicitent et exercent certaines de nos fonctions de pensée et d'autre part, dans celui de l'interaction entre individus et groupes, car la connaissance se construit dans l'interaction.* »

La recherche s'est déroulée à la *Cité des sciences et de l'industrie* à Paris, dans une exposition spécifiquement destinée aux enfants, la *Cité des enfants*. Elle concerne l'espace d'exposition réservé aux plus jeunes, d'âge compris entre 3 et 5 ans. L'espace "des petits" comme choix du lieu d'investigation, s'explique non seulement par la quasi-absence d'études concernant cette exposition, mais aussi de façon plus générale par le déficit de recherches sur les bénéfices de la manipulation des ordinateurs chez les jeunes enfants. En effet, nous savons peu de choses sur la manière dont les enfants s'approprient les informations provenant des écrans d'ordinateurs. Or, ils y sont aujourd'hui régulièrement confrontés, que ce soit dans leur environnement familial, scolaire ou encore, dans le contexte d'institutions socioculturelles. Par ailleurs, dans la plupart des recherches portant sur les effets des technologies en éducation, nous avons constaté que les apprenants sont placés en situation d'autonomie face à la machine, comme si la seule relation technique suffisait à l'apprentissage. Or, comme le rappelle Linard (1996), évoquant le « mythe de l'autogenèse cognitive », la dimension sociale de l'apprentissage reste déterminante en formation initiale ne serait-ce que pour soutenir la motivation, l'effort et la vigilance. C'est

pourquoi, au cours de notre recherche, les enfants n'ont pas été placés seuls face au dispositif que nous avons étudié, mais ont été accompagnés d'un adulte, comme c'est d'ailleurs le cas lorsqu'ils visitent l'exposition. Un autre point important, sur lequel nous allons insister, est que nous considérons que les caractéristiques de ces instruments ne présagent en rien de l'activité qui va en découler pour l'utilisateur. Nous rejoignons Perriault (op. cit., p. 6), pour qui il faut « *admettre que les usages de ces machines ne se conforment pas toujours à une utilisation canonique de référence, en d'autres termes, admettre et retenir les usages détournés comme des indicateurs d'appropriation effective. Avec Pierre Schaeffer, nous considérons que toute nouvelle utilisation d'une machine à communiquer constitue une hypothèse à vérifier (Schaeffer, 1970). En d'autres termes, nous rejetons le postulat d'utilité universelle des machines relevant de cette catégorie : leur utilité est toujours à démontrer.* »

Pour mener cette recherche, nous nous sommes appuyé sur un dispositif informatique simulant des mélanges de couleurs, proposé dans l'espace d'exposition destiné aux 3/5 ans. Deux séries d'observations ont été menées auprès de quarante-cinq enfants. La première d'entre elles a porté sur vingt enfants en âge de visiter la *Cité des enfants*, observés dans un contexte expérimental de manipulation, sous la conduite d'un tuteur expert. Les analyses conduites visaient à cerner l'âge à partir duquel les enfants sont capables de mettre en oeuvre des procédures acquises au moyen du simulateur dans des conditions favorables d'accompagnement. La seconde série d'observations a concerné un nouvel échantillon de vingt-cinq enfants, dont l'âge plancher a été fixé par les résultats de la première étude. Ces enfants ont été observés dans le contexte habituel d'utilisation, accompagnés pour moitié d'entre eux d'un de leur parent et, pour l'autre moitié, à nouveau d'un tuteur expert. La comparaison de leurs résultats à un pré-test et à un post-test, consistant en une tâche de mélange de couleurs avec des objets matériels, a permis d'évaluer l'apport de l'usage du simulateur. L'analyse des conduites de chacun des parents au cours de la manipulation du dispositif, mise en regard des résultats obtenus par leur enfant, a permis de déterminer le mode d'intervention le plus approprié auprès de ces derniers.

Le mémoire est organisé en deux parties. La première partie présente les aspects théoriques, ainsi que les travaux sur lesquels nous nous sommes appuyé pour construire la thèse.

Nous nous sommes tout d'abord penché sur les recherches ayant porté sur les technologies éducatives et les enfants d'âge préscolaire, avant de faire un état des lieux des usages actuels des TIC à l'école maternelle, notamment dans le domaine des activités relevant de l'initiation scientifique et technologique. Enfin, nous avons fait une incursion dans le contexte muséal, où nous avons fait le point sur les travaux concernant le recours aux TIC

dans une perspective de médiation (Chapitre 1). Nous nous sommes ensuite intéressé plus précisément aux activités de simulation informatique en situation d'apprentissage. Celles-ci ont cours essentiellement dans l'enseignement des sciences expérimentales au niveau du lycée, et ce depuis déjà de nombreuses années. Nous avons ainsi relevé les avantages, mais aussi les limites de la simulation informatique, sur les plans de la didactique et de la psychologie (Chapitre 2). Afin de dégager un modèle de la situation médiatique telle qu'elle se joue entre l'enfant et le parent face au dispositif d'exposition, nous nous sommes appuyé sur l'approche instrumentale des activités proposée par Rabardel (1995), ainsi que sur les travaux de Bruner dans le domaine de la médiation sociale. Sur cette base, nous avons proposé le modèle du *carré médiatique*, permettant de rendre compte des caractéristiques de l'interaction se jouant entre chacun de ses pôles représentant l'enfant, l'adulte, l'instrument et le savoir (Chapitre 3).

La seconde partie est consacrée au volet empirique de notre recherche. Notre objectif, rappelons-le, est de déterminer l'impact d'un simulateur informatique présenté dans une exposition scientifique, auprès de jeunes enfants l'utilisant dans des conditions naturelles de visite, sous la conduite d'un de leurs parents.

Nous présenterons tout d'abord le dispositif de simulation, ainsi que le contenu de savoir médiatisé par ce dispositif, c'est-à-dire les couleurs et le mélange des peintures (Chapitre 4). Afin de déterminer le poids relatif des différents facteurs susceptibles de jouer un rôle, aux plans intra-cognitif et inter-cognitif, nous les avons tour à tour isolés, au cours de deux études successives. Dans la première étude, nous avons fixé les déterminants d'ordre inter-cognitif, en faisant bénéficier les enfants interviewés de conditions uniformes et favorables d'accompagnement. A partir d'un échantillon de vingt enfants, nous avons pu identifier parmi eux, ceux qui étaient susceptibles de bénéficier de l'utilisation du simulateur, dans ces conditions d'accompagnement (Chapitre 5). Dans la seconde étude, nous avons souhaité déterminer l'influence des facteurs d'ordre inter-cognitif. A partir d'un nouvel échantillon de vingt-cinq enfants, choisis en tenant compte des résultats de la première étude, nous avons souhaité déterminer l'impact du dispositif au plan cognitif, utilisé dans des conditions naturelles de visites, c'est-à-dire en tenant compte des conduites des parents (Chapitre 6). Pour chacune des interactions dyadiques parent/enfant, le modèle du *carré médiatique* nous a permis de représenter les différentes phases qui se sont enchaînées et donc de rendre compte de l'évolution de l'interaction entre les différents partenaires de la situation médiatique (Chapitre 7). En mettant en relation l'évolution de l'interaction au cours de l'activité avec l'apport constaté du dispositif au plan cognitif, nous avons tenté de dégager différents éléments susceptibles d'être déterminants quant à l'impact de l'utilisation du dispositif auprès des enfants.

PREMIÈRE PARTIE

**Apprendre dans l'interaction avec un simulateur
informatique : vers la conception d'un modèle de
la situation médiatique**

Chapitre 1 - Les enfants d'âge préscolaire, les TIC et les sciences

Résumé du chapitre

Dans le contexte scolaire, où s'est déroulé l'ensemble des travaux sur les technologies éducatives, nous avons constaté que la vague de recherches la plus importante portant sur les enfants d'âge préscolaire, a été suscitée par l'expérience LOGO qui a apporté différents éléments de réflexion sur la place des outils informatiques dans une perspective d'apprentissage. Les résultats mettent en avant la place centrale de l'adulte pour son rôle de guide durant l'activité de l'enfant et la nécessité d'une médiation entre les activités réalisées avec l'ordinateur et les autres activités.

1.1 Introduction - Que nous apprennent les recherches sur les TIC ⁷ dans l'éducation ?

L'objet premier de notre recherche est de déterminer l'impact d'un dispositif de simulation utilisé par des enfants en bas âge dans le contexte d'une exposition scientifique. Cette recherche s'inscrit donc dans un contexte non scolaire, souvent qualifié "d'éducation informelle". Malgré cette distinction majeure, déterminante vis-à-vis d'un certain nombre de caractères - sur lesquels nous reviendrons dans le Chapitre 3 - nous ne saurions faire l'impasse sur le courant de recherches qui porte depuis quarante ans ⁸ sur les TIC dans l'éducation ⁹. C'est en effet dans le contexte scolaire que se sont posées les premières questions relatives à l'apprentissage avec l'informatique - et par conséquent les premières recherches -, bien avant d'être envisagées dans d'autres environnements. Comme le rappelle Baron (2005, p.15), « *pour la plupart des nouvelles technologies de l'information et de la communication se produit un phénomène récurrent. Quant leur diffusion sociale est limi-*

⁷ L'expression "TIC" « *est apparue vers 1990 dans le contexte éducatif français pour faire référence aux dispositifs technologiques que l'on y utilise, qu'ils relèvent de l'audiovisuel, de l'informatique, de la télématique : "Technologies de l'information et de la communication", souvent abrégée en "TIC".* » (Baron, 1994, p. 103)

⁸ En France, « *en 1966, le Premier ministre Pierre Messmer lançait un plan national (le « plan calcul ») destiné à développer en France l'informatique et son industrie. C'est dans ce cadre que furent menées les premières opérations d'introduction de l'informatique dans l'enseignement.* » (Baron & Bruillard, 1996, p. 5)

⁹ Autrement dit les TICE

tée, elles sont expérimentées à l'école, grâce à des politiques publiques qui les soutiennent pendant un certain temps. Puis elles se développent surtout en dehors du système éducatif, pour des finalités qui ne sont pas directement éducatives (jeu, délasserment, culture...). »

Et force est de constater que si les TIC font leur apparition dans les établissements scolaires du second degré, au début des années 1970, elles ne franchiront les portes des musées et des expositions en tant qu'outils de médiation que dans le courant des années 1980. La *Cité des sciences et de l'industrie* qui ouvre au public en 1986 y contribuera largement, en proposant des expositions s'appuyant sur une variété - peu commune jusqu'à cette époque - de dispositifs informatisés. Il faudra attendre l'année 1993 pour que la *Direction des musées de France* lance une première enquête nationale sur les nouvelles technologies et leurs usages dans les musées (Goldstein & Renard, 1994), soit plus de vingt ans après les premières expérimentations dans l'enseignement.

Dans ce chapitre, nous allons donc nous centrer essentiellement sur le contexte scolaire et étudier les travaux relatifs aux TIC et impliquant les enfants d'âge préscolaire. Nous nous pencherons en particulier sur les recherches relatives à LOGO qui ont été de loin les plus fertiles au plan scientifique.

1.2 Jeunes enfants et informatique, les premières recherches

Comme le rappelle Lelièvre (2002), contrairement à ce que l'on pense trop souvent, l'informatique a été rapidement un sujet de préoccupation et d'intérêt en France, premier pays à se lancer, dans les années 1970, dans l'aventure de l'informatique éducative de façon conséquente. Plusieurs plans nationaux d'équipements informatiques se sont succédés, notamment dans les lycées et dans une moindre mesure les collèges, chacun promouvant le développement d'une vague technologique spécifique. En 1985, le très ambitieux plan *Informatique pour tous* voit l'installation de 100000 micro-ordinateurs dans les établissements scolaires, y compris dans les écoles élémentaires jusque-là ignorées, les écoles maternelles restant quant à elles écartées de ce plan d'équipement massif en matériel informatique. Malgré l'absence de directives, des initiatives se sont rapidement développées dans les écoles maternelles, souvent en liaison avec des organismes et des groupes de recherches divers. Et du fait également de l'absence de contraintes, l'informatique y a finalement été introduite plus librement et de façon plus créative que dans les autres niveaux d'enseignement.

1.2.1 L'expérimentation LOGO

En France, la vague de recherches la plus importante portant sur l'informatique et les jeunes enfants, date des années 1970/1980. Elle a été suscitée par l'expérience LOGO qui reste aujourd'hui la seule expérience de grande envergure reposant sur des assises théoriques véritables et pour laquelle s'est engagée une réflexion approfondie sur les apports pour les jeunes enfants de la pratique informatique.

Ce langage de programmation pédagogique dérivé du LISP¹⁰ et développé pour les enfants par l'équipe de Marvin Minsky et Seymour Papert au laboratoire d'intelligence artificielle du MIT¹¹, s'est répandu, dès le début des années 1970, dans les écoles américaines. LOGO provient du mot grec logos qui fait référence à l'idée de raisonnement, de discours. L'univers matériel LOGO est composé d'une tortue de sol qui se déplace, soit à partir des cartes perforées que l'on introduit dans le boîtier auquel elle est reliée, soit à partir du clavier de l'ordinateur qui la commande. Il se compose également d'une tortue graphique qui est la représentation virtuelle de la tortue de sol, symbolisée par un triangle isocèle sur l'écran de l'ordinateur. Avec d'autres éléments (imprimante, unité temporelle, unité mémoire), toutes ces unités appartiennent à l'univers conceptuel et matériel de l'enfant, que Papert a désigné sous le nom de micromonde. Également conçu pour traiter des chaînes de caractères, manipuler des phrases, effectuer des opérations arithmétiques et logiques, LOGO sera principalement utilisé en classe pour faire de la géométrie. Par l'organisation d'une succession d'instructions informatiques, l'enfant pilote la tortue, au sol ou sur écran, en vue de réaliser des figures. L'idée avancée par les protagonistes des expériences est qu'à partir de deux notions majeures, le concept d'état et les commandes de changement d'état, l'enfant peut élaborer une grande partie des concepts de la géométrie classique (les angles, la symétrie, etc.). La simplicité du langage permet aux enfants même très jeunes de se l'approprier.

Pour Bossuet (1983, p. 51), LOGO est à la fois « *une théorie de la connaissance, à la convergence de l'épistémologie génétique de Piaget et des recherches informatiques en intelligence artificielle ; un langage d'éducation, pensé en terme de réduction pédagogique d'un langage de programmation ; un matériel permettant à l'utilisateur de tester la puissance de ses idées en essayant de...* ». Papert, qui a travaillé aux côtés de Piaget durant plusieurs années, s'appuie sur la théorie constructiviste de l'apprentissage pour expliquer la philosophie qui sous-tend LOGO. Il la développera dans un livre connu en France sous

¹⁰ Le *Lisp* (contraction de l'anglais « List processing ») est un langage de programmation développé aux Etats-Unis à la fin des années 1950.

¹¹ *Massachusetts Institut of Technology*, Cambridge, Massachusetts, Etats-Unis

le titre *Jaillissement de l'Esprit* (Papert, 1981) : « *Les structures intellectuelles sont élaborées par celui qui apprend plutôt qu'introduite par celui qui enseigne ; mais elles ne sont pas élaborées à partir de rien : comme tout bâtisseur, l'enfant s'approprie, pour en faire usage à son idée, des matériaux qu'il trouve autour de lui* ». En proposant à l'enfant « *bâtisseur de son propre savoir* », d'exercer « *un contrôle sur un micromonde exceptionnellement riche et complexe* », il lui est donné la possibilité de réfléchir sur sa pensée, de « *penser sur sa propre pensée* », de « *devenir épistémologue* », en d'autres termes de pratiquer la métacognition. Le micromonde LOGO est donc censé fournir un contexte dans lequel l'enfant explore ses théories, est amené à développer des stratégies de résolution de problèmes et à affiner ses capacités d'anticipation. Papert considère que ce contexte stimulant va permettre à l'enfant d'accéder précocement au stade opératoire formel. Selon lui, les activités de programmation objectivent les processus de traitement de l'information mobilisés par l'utilisateur. Ainsi Lawler (1985, cité par Linard, 1996), collaborateur de Papert, a étudié durant six mois le comportement de sa fille aînée âgée de 6 ans au laboratoire du MIT au cours d'activités d'apprentissage avec LOGO, ainsi que dans sa vie quotidienne. De cette étude "intime", il conclut que l'expérience LOGO a favorisé chez sa fille la capacité à décrire des activités en termes analytiques et procéduraux et a stimulé la pensée réflexive, systématique et articulée, qui caractérise le stade de pensée formelle propre à un enfant de 12 ans.

En France, les expériences LOGO se sont multipliées à partir de la fin des années 1970, notamment dans le cadre de l'INRP ¹² et de certains IREM ¹³ (Perriault, 1981). L'ampleur de l'intérêt suscité est telle, que des réseaux de recherche regroupant des utilisateurs LOGO sont créés, comme RCP-LOGO ¹⁴ ou GREPACIFIC ¹⁵. Si la plupart des expériences concernent essentiellement les enfants de fin d'école primaire, quelques unes sont conduites dans les écoles maternelles, que ce soit avec la tortue de plancher originale ou avec l'un de ses nombreux « descendants » (pour un aperçu en photos, voir Greff, 1999a). Les travaux de praticiens ou de théoriciens (Allari, 1986 ; Beau du Moulin, 1985 ; Henaff & Bastide, 1985 ; Pascaud & Modard, 1986) aboutissent à des résultats prometteurs compte tenu des ambitions affichées par Papert quant aux répercussions des activités LOGO sur le processus d'apprentissage. Concernant l'accès à la conceptualisation, Berdonneau (citée

¹² *Institut national de recherche pédagogique*

¹³ *Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques*

¹⁴ *Recherche coopérative sur programme LOGO*, qui regroupe sept équipes de recherches au tout début des années 1980 et a pour objectif d'étudier la pratique active de l'informatique par l'enfant.

¹⁵ *Groupe de recherche et d'études pour une pratique active et coordonnée de l'informatique en formation initiale et continue*

par Pillot, 1991) a montré comment l'enfant découvrait et manipulait les premiers concepts mathématiques, en faisant référence à ses propres déplacements physiques. L'enfant s'identifie à la tortue et fait ainsi appel à la connaissance qu'il a de son corps en mouvement pour aborder la géométrie formelle. Cependant, Berdonneau précise : « (...) *l'utilisation d'une tortue et son pilotage ne permettent probablement pas de construire les concepts à manipuler, mais seulement de renforcer ou d'accélérer cette construction* ».

Et de fait, les premiers résultats enthousiastes sont tempérés par des travaux aux conclusions plus réservées concernant notamment les effets de l'utilisation de LOGO sur les capacités cognitives de l'enfant et le transfert de ces capacités à d'autres activités. Boule (1986, p. 6) estime ainsi qu' « *il serait illusoire de croire que la tortue puisse contribuer à la construction de l'espace (orientation, latéralisation, etc.), car cette construction passe nécessairement par l'activité psychomotrice (cf. Piaget : "Les images mentales sont des actions intériorisées"). (...) Il ne faut pas donner vertu à la machine de ce qu'on présuppose pour la faire fonctionner. C'est ce que l'on voit bien lorsque l'enfant mime lui-même la situation de la tortue pour trouver la bonne orientation. C'est pourquoi aussi il y a un décalage souvent observé entre le pilotage de la tortue de plan et LOGO sur écran (plan vertical). Bien entendu la géométrie de tortue permet d'exercer des situations spatiales, favorise la décentration, mais ne les enrichit que si une consolidation est entreprise par ailleurs* ». Bossuet (1985, p.16) est également réservé sur les effets attribués aux activités LOGO en matière de construction des concepts : « *ce n'est pas parce qu'un enfant semble avoir l'intuition d'un concept qu'il faut considérer ce dernier comme acquis, ni automatiquement impliquer LOGO. L'enseignant a un rôle fondamental à jouer dans l'appropriation et la clarification de ce concept. La plupart des rapports d'expérimentation LOGO insistent sur les observations et anticipent les résultats en laissant croire qu'ils seront atteints facilement. Ou pire, qu'ils sont déjà atteints, alors qu'une séance supplémentaire démontrerait le contraire. Il faut laisser le temps à la pensée de se développer, de se construire, de mûrir. (...) LOGO permet de faire jaillir des images mentales, de les clarifier, de les assembler, de les conceptualiser. Mais comment ces images sont-elles venues dans la tête de l'enfant ? On ne peut ni oublier de les y mettre, ni les créer en fonction de leur utilisation potentielle en atelier informatique* ».

L'expérience LOGO, relativement à la construction des connaissances, s'avère donc finalement mitigée, voire décevante, compte tenu des attentes probablement trop ambitieuses qui l'ont précédée, les limitations de ses potentialités pour l'aide au développement cognitif ayant été reconnues, notamment au travers des études menées par Kurland et Pea (1984, cités par Mendelsohn, 1990). Cela étant, comme le signale Linard (1996, p. 153), « *même si l'avenir du langage est largement derrière lui maintenant, la qualité des études qu'il a*

suscitées sur le rapport de l'homme à l'apprentissage et à l'ordinateur n'en est pas moins riche d'enseignements ». Aussi, s'agissant de notre recherche, nous retiendrons deux points parmi les remarques avancées par Clements et Meredith (1993) dans une revue de questions sur les effets de LOGO : toutes les expériences mettent en avant la place centrale de l'adulte pour son rôle de guide durant l'activité de l'enfant et insistent, dans une perspective de conceptualisation, sur la nécessité d'une médiation entre les activités réalisées avec LOGO et les autres activités.

1.2.2 Les autres expérimentations

Dans les années 1980, parallèlement à la robotique pédagogique, d'autres projets d'envergure fondés sur l'hypothèse que l'informatique peut être un outil efficace auprès des enfants en bas âge, sont développés autour de la création de logiciels (Pour un aperçu des différents travaux, voir Pillot, 1985 ¹⁶). En France, c'est notamment au sein du *Centre mondial informatique* créée à Paris, qu'un groupe de recherche interdisciplinaire, le *Groupe apprentissage*, a conduit, à partir de 1982, différents projets centrés sur le jeune enfant. Le premier d'entre eux, intitulé EPMO (Enfant Préscolaire et Micro-Ordinateur) s'appuie sur le micromonde des « lutins », alternative à LOGO (Chauvin & Eirmel, 1984, 1986). Réalisé sur plusieurs années, il a pour objet d'observer les comportements d'enfants de 3 à 5 ans dans des classes d'écoles maternelles où des micro-ordinateurs ont été installés. Un autre projet nommé ALÉ (Apprentissage du Langage Écrit), également développé par le *Centre mondial informatique*, est basé sur l'utilisation de différents programmes d'aide à l'apprentissage de la langue écrite : des programmes créatifs et ludiques, un éditeur de texte et des exercices ouverts à "consignes" (Cohen et al., 1987). L'expérimentation a été menée durant plusieurs années auprès de centaines d'enfants âgés pour certains de moins de 3 ans. Pour ces deux projets, EPMO et ALÉ, les objectifs sont pluriels : explorer les potentialités de l'ordinateur, en tant qu'outil facilitateur des apprentissages et notamment de l'apprentissage de la langue écrite, étudier les comportements cognitifs et socio-affectifs des sujets apprenant dans ces conditions, étudier les conséquences de l'utilisation des applications éducatives sur les environnements scolaire et familial. Centrées sur les ressources informatiques et leurs usages en milieu scolaire, ces deux expérimentations apportent essentiellement des données d'ordre pédagogique, liées au contexte d'expérimentation. Au plan cognitif, et c'est cela qui nous intéresse, les critères d'évaluation sont peu explicites ; les affirmations sont relativement peu étayées et sans assises théoriques véritables.

¹⁶ En novembre 1985 à Lyon, a lieu le premier colloque de l'IPEM (*Informatique et pédagogie à l'école maternelle*), qui rend compte d'un certain nombre de travaux menés avec de jeunes enfants et l'informatique.

Toujours en France, dans les années 1980, un autre projet relativement important, par la durée et la taille des échantillons étudiés, s'est déroulé dans des écoles maternelles de la région lyonnaise (Pillot & Pillot, 1984). Dans un premier temps, la méthode et les objectifs sont sensiblement identiques à ceux des projets du Centre mondial informatique : observer et analyser les comportements des enfants, enseignants et parents, confrontés à l'installation d'ordinateurs dans les classes. Dans un second temps, l'objectif est de déterminer, sur une année, l'apport de l'utilisation de l'informatique vis-à-vis des apprentissages scolaires. Les élèves ont accès à différents logiciels dans un atelier informatique (création graphique, jeux éducatifs, LOGO), ainsi qu'à un *Bigtrak*, dérivé à chenilles de la tortue de sol. Comme précédemment, cette étude basée sur un certain nombre d'observations, apporte des informations sur les conditions d'intégration des activités informatiques dans les classes, et en présente les bénéfices pour les élèves. Mais elle fera également l'objet d'une recherche plus approfondie, puisque l'ensemble des résultats sera collecté par Pillot, responsable de ce projet, et analysé dans le cadre de sa thèse intitulée « Informatique et premiers apprentissages » (Pillot, 1991). En vue de déterminer l'impact des technologies éducatives auprès des jeunes enfants, sa recherche porte sur l'anticipation, les enchaînements logiques, la planification de l'action et le repérage d'indices au travers de l'utilisation des différentes activités informatiques. Pillot montre, entre autres, que l'ordinateur en tant qu'instrument de médiation, va permettre la mise en œuvre d'activités langagières fonctionnelles facilitant la prise de conscience et conduisant à la rationalité. Elle constate aussi que le transfert des compétences acquises au moyen de la machine est très net pour les activités informatiques de nature proche, précisant qu'« *avec des logiciels riches entraînant la construction consciente de stratégies à partir d'indices variables, ce transfert peut être beaucoup plus général.* » (ibid., p. 444). Concernant les comportements d'anticipation et l'élaboration de plans, l'auteur estime qu'ils semblent s'être mis en place, alors que les enfants de cet âge ont plus naturellement un comportement de type essai/erreur.

Aux Etats-Unis, au cours de cette même période, différentes expérimentations ont été conduites avec de très jeunes enfants (pour un descriptif détaillé, voir Cohen et al., 1987). Concernant l'intérêt du recours à l'informatique avec ce public, les résultats rejoignent ceux des expériences françaises, en faisant état de l'observation de comportements d'entraide, de coopération favorisant la verbalisation entre enfants, d'attitudes plus autonomes vis-à-vis de l'adulte et d'une motivation accrue pour les activités informatiques. Concernant les apports au plan cognitif, elles ne font état que de suppositions qui ne sont pas étayées par une réflexion théorique dans le domaine notamment de la psychologie cognitive. Cela étant, deux constats convergents établis pour l'ensemble de ces travaux nord-américains, sont susceptibles de présenter un intérêt pour notre recherche. Le premier, qui rejoint sur ce point les conclusions de l'expérience LOGO, met en lumière la place déterminante de

l'adulte dans la conduite des activités et l'impact de son implication dans celles-ci sur les comportements des enfants. Le second constat, non moins intéressant, est qu'il n'apparaît pas de différences significatives entre garçons et filles en termes d'intérêt pour les activités et d'utilisation des outils informatiques.

A partir de la fin des années 1980, l'enthousiasme lié au phénomène LOGO en particulier, et aux innovations technologiques éducatives en général, étant retombé faute, entre autres, d'un passage réussi du stade de l'expérimentation à celui de la généralisation, les recherches significatives se sont raréfiées, y compris celles ayant pour public cible les jeunes enfants. En réalité, comme le souligne Mendelsohn (1988, 1990), qui s'est intéressé aux rapports entre l'apprentissage de LOGO et l'étude du développement cognitif, « *il semble qu'une étude génétique des acquisitions liées à LOGO n'ait jamais été réellement tentée par les psychologues (...).* » (Mendelsohn, 1990). En référence au constat effectué par Kurland et Pea (1984), il remarque que très peu de travaux ont été consacrés à cet aspect du problème. Pour ce chercheur, « *la programmation éducative conserve ainsi son seul objectif légitime, proposer une sensibilisation aux différents concepts informatiques dans le but de préparer les enfants d'aujourd'hui à la culture informatique de demain.* » (Mendelsohn, *ibid.*).

Concernant la robotique pédagogique inspirée des travaux sur LOGO, différentes expérimentations ont été poursuivies par une petite communauté de chercheurs à travers le monde, et notamment en France au sein du LIUM¹⁷. Si l'essentiel des recherches est tourné vers des sujets plus âgés, quelques unes concernent les jeunes enfants, public pour lequel LOGO a initialement été conçu. L'une d'entre elles, principalement consacrée à la composante "robot de plancher" de LOGO, visait à initier des jeunes enfants de 4 à 6 ans à la démarche algorithmique - c'est à dire la décomposition d'une tâche complexe (parcours) en une succession de tâches exécutables (mouvements) -, afin de voir en quoi cette démarche pouvait participer aux apprentissages premiers de l'école maternelle, notamment dans le domaine de la construction de l'espace (Greff, 1996). Plus près de nos préoccupations, ce même auteur s'est également penché sur le rapport réel/virtuel en comparant des activités, menées avec des élèves d'école maternelle, centrées sur l'utilisation d'un robot de plancher d'une part, et sur la représentation de ce robot sur ordinateur d'autre part. Nous reviendrons sur les résultats de cette expérience dans le chapitre suivant consacré à la simulation.

¹⁷ *Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine*, au Mans, dirigé par Martial Vivet jusqu'en 2000.

1.3 Le couple "informatique" et jeune enfant, un objet de recherche peu porteur aujourd'hui

En France, les travaux sur l'informatique à l'école reprennent un second souffle pour l'essentiel à partir du milieu des années 1990, avec la montée en puissance des ordinateurs multimédias et les progrès techniques notamment dans le domaine de l'Internet.

1.3.1 Des études localisées centrées sur les ressources et les usages

Dans le contexte de l'école maternelle, ces travaux sont pour la plupart des études menées localement (Bertrand, 1997 ; Froment, & Deunff, 1996 ; Harnisch-Dérior, 1996 ; Priniotakis, 1995 ; Rosaz, 1995). Témoignages d'expériences pédagogiques, ces études présentent l'intérêt de porter un regard sur les usages qui sont faits des TIC auprès des enfants d'âge préscolaire et sur les ressources utilisées. Exercices logico-mathématiques ou de pré-lecture à base de didacticiels, production de documents multimédias, de création et de communication grâce à des logiciels-outils et recherche documentaire à l'aide d'hypermédias interactifs, sont les principales activités proposées dans les classes d'écoles maternelles observées.

Ces rendus d'observations, s'ils sont souvent enthousiastes quant aux bénéfices de l'utilisation en classe de l'informatique avec des jeunes enfants, ne s'accompagnent d'aucune réflexion de fond véritable sur les apports supposés. Par ailleurs, ils sont fortement liés au contexte dans lequel ils s'inscrivent – autrement dit aux pratiques singulières d'enseignants - et ne rendent donc pas compte d'un état des usages généralisable à l'ensemble des classes.

1.3.2 Des enquêtes où il est peu question d'enfants en bas âge

Parmi les travaux institutionnels actuels à large échelle visant à déterminer l'état des usages des TIC et leurs impacts dans les classes, il est peu question des élèves d'âge préscolaire. Dans un document de synthèse de l'INRP intitulé *Les technologies dans la classe : de l'innovation à l'intégration* (Baron, Bruillard & Lévy, 2000), différents niveaux d'enseignements sont passés en revue (école élémentaire, collège, lycée), hormis celui de l'école maternelle. Plus récemment, un récent sondage, réalisé par le *Ministère de l'éducation nationale* sur les attitudes des enseignants vis-à-vis des technologies de l'information et de la communication dans les premier et second degrés, n'a pas pris en compte les enseignants d'écoles maternelles qui ont été exclus du panel des interviewés : « *le champ de l'enquête s'est concentrée sur les enseignants (...) ayant des élèves essentiellement de niveau élémentaire (cycles 2 et 3) : c'est en effet dans ces classes qu'il semblait le plus per-*

tiennent de repérer l'utilisation que font les enseignants des tic. » (Direction de l'évaluation et de la prospective, 2004, p. 17). Aucun argument justifiant cette mesure n'est mentionné. De la même manière, à une échelle élargie à l'Europe, le rapport "Chiffres clés des technologies de l'information et de la communication à l'école en Europe", réalisé en 2004 par *Eurydice*¹⁸ (Eurydice, 2004) ne donne aucune information relative aux élèves d'âge préscolaire.

Cette idée selon laquelle l'école maternelle, du fait du jeune âge des enfants qu'elle accueille, n'est pas un terrain prioritaire d'utilisation des TIC pour l'enseignement et l'apprentissage, se confirme en terme d'équipement, tout du moins en France. Force est de constater que les écoles maternelles sont restées les "parents pauvres" en matière de dotation, comme en témoigne la récente enquête ETIC¹⁹ menée au second semestre 2005 : selon la taille de l'établissement, le nombre moyen d'élèves par ordinateur varie de 24 à 49 en école maternelle, alors qu'il est compris entre 11 à 21 en école élémentaire. A titre de comparaison, le nombre moyen d'élèves par ordinateur est de 7 dans les collèges et de 4 dans les lycées d'enseignement général et technologique. Il est clair qu'un nombre élevé d'équipements informatiques dans les écoles ne présage en rien des usages qui en sont faits²⁰. Cela étant, les données précédentes laissent supposer des usages moins fréquents en école maternelle que dans les autres niveaux d'enseignements, ce qui expliquerait un volume de recherches moins important, que nos lectures ont d'ailleurs confirmé.

Une des rares expérimentations à large échelle que nous ayons relevée durant ces dernières années, est celle relative au projet *KidSmart*²¹ soutenu par la fondation IBM dans le cadre de son mécénat et de son programme mondial « *Early Learning in the Knowledge Society* ». Mené dans plus d'une cinquantaine de pays du monde entier et dans six pays en Europe, ce projet a initialement été mis en œuvre en France, au début des années 2000, en partenariat avec l'*Association générale des instituteurs d'école maternelle* (AGIEM), puis poursuivi avec le Ministère de l'éducation nationale. En fournissant des sta-

¹⁸ *Eurydice*, le Réseau d'information sur l'éducation en Europe, créé par la *Commission européenne* et les États membres. Disponible à l'adresse : <http://www.eurydice.org/>

¹⁹ Enquête sur les Technologies de l'Information et de la Communication menée par la DT/SDTICE (Direction de la Technologie) et la DEP (Direction de l'Evaluation et la Prospective) dont l'objet est la collecte d'indicateurs d'équipement et d'usages des TIC dans les écoles, collèges et lycées.

Disponible à l'adresse : <http://tice.education.fr/educnet/Public/plan/etic>

²⁰ Ainsi aux Etats-Unis, même si l'équipement est réparti de manière homogène du primaire à l'équivalent du lycée, avec un taux moyen de un ordinateur pour cinq élèves, un certain nombre d'études a montré le caractère limité des usages qui en sont faits en situation d'enseignement (Chaptal, 2002, p. 97).

²¹ Site Internet KidSmart : <http://www.kidsmartearlylearning.org/>

tions de travail (ordinateur individuel avec modem, imprimante, logiciels, documentation et un meuble adapté aux jeunes enfants) aux écoles maternelles, notamment dans les *Zones d'éducation prioritaire* (ZEP) et les zones rurales défavorisées, l'objectif affiché est de contribuer à réduire le « fracture numérique » et de développer l'utilisation des TIC, en termes d'enseignement et d'apprentissage, en direction des élèves les plus jeunes. Ce programme a fait l'objet d'une étude (Siraj-Blatchford & Siraj-Blatchford, 2004) réalisée sur deux ans, entre 2001 et 2003, et s'appuyant sur un échantillon de 117 écoles réparties dans les six pays européens concernés (France, Allemagne, Italie, Portugal, Espagne et Royaume-Uni). L'étude porte sur l'évaluation des progressions dans trois domaines : gestion de l'information et compétence de communication, accès et maîtrise des outils de TIC et apprentissage de l'utilisation des TIC. Les résultats de l'étude montre des effets positifs dans tous ces domaines, aussi bien vis-à-vis des enfants que des enseignants, mais aussi des parents. Ces résultats ne sont pas suffisamment précis pour nous être utiles, mais il est toutefois intéressant de constater que les recommandations qui sont avancées soulignent l'importance de la place de l'adulte aux côtés de l'enfant qui utilise l'ordinateur et la nécessité d'une formation pour les enseignants. Concernant les activités proposées aux enfants, elles sont sensiblement les mêmes que celles précédemment évoquées.

Hormis cette étude particulière, nous n'avons pas trouvé de travaux portant sur les problématiques liées aux TIC dans un contexte généralisé d'utilisation avec des élèves d'école maternelle.

1.3.3 Des préoccupations qui évoluent

Finalement, la vague de recherches, suscitée par LOGO, dans les années 1970/1980, sur l'informatique et les jeunes enfants, est restée sans suite. Faute de données significatives, nous savons peu de choses sur l'apport au plan cognitif de l'utilisation des outils informatiques actuels avec ce public. Ainsi, dans un article de 2000 sur le rôle de la médiation adulte dans les activités informatiques à l'école maternelle, les auteurs font état du peu de recherches avec des jeunes enfants ; ils mettent également en avant le fait que le rôle de l'adulte est rarement pris en compte : « *Une recherche dans la base de données ERIC, sur les études réalisées entre 1966 à 2000, a révélé 50000 travaux sur les technologies éducatives. Seulement 1% d'entre eux, environ, a porté sur l'usage des ordinateurs à l'âge préscolaire. Ces études se sont intéressées en premier lieu aux effets des ordinateurs sur les jeunes enfants, et sur les avantages, inconvénients et potentialités des environnements d'apprentissage informatique pour ce public. Les rôles des adultes dans ces situations*

d'apprentissage ont généralement été négligés. »²² (Klein, Nir-Gal & Darom, 2000, p. 592)
Nous reviendrons sur l'importance et la place que nous avons accordées à l'adulte dans le cadre de notre recherche.

Dans un récent article de synthèse intitulé « *Un "apport sans importance" ? Recherche sur les TIC et les enfants d'âge préscolaire* »²³ (Plowman & Stephen, 2003), les deux auteurs proposent un état des lieux des recherches ayant porté ces dernières années sur les TIC et les enfants en bas âge, aussi bien en milieu scolaire que non scolaire. Le constat établi par les auteurs dans le contexte anglo-saxon confirme celui que nous avons fait en France. Ils soulignent eux aussi le peu de travaux dans ce domaine - si bien qu'ils ont dû intégrer des études relatives à des sujets plus âgés - et le manque de preuves scientifiques suffisantes de la part de ceux qui s'y sont penchés : « *Bien que notre intérêt porte sur les enfants âgés de 3 à 5 ans, nous avons pris en compte les travaux sur les enfants jusqu'à environ huit ans, tant il y a peu de recherches disponibles concernant cette tranche d'âge spécifique. (...) Il y a une carence de recherches de qualité sur l'utilisation des TIC avec les enfants d'âge préscolaire. Quantité de rapports, d'articles et de sites Internet, met en avant les avantages de l'utilisation des TIC avec les jeunes enfants, mais les preuves avancées pour la plupart sont peu convaincantes. Beaucoup d'articles proposent une réflexion générale sur les bénéfices potentiels, suivie de mises en garde quant à l'utilisation de logiciels appropriés au niveau développemental. Certains de ces discours reposent sur des déclarations plutôt que sur des études de terrain.* »²⁴

Par ailleurs, cet article fait clairement apparaître aujourd'hui un glissement des préoccupations relativement aux TIC et à leur utilisation par des jeunes enfants notamment dans un contexte hors scolaire. Il semble que l'heure ne soit plus à déterminer les bénéfices de l'usage des ordinateurs, mais plutôt à en évaluer la nocivité éventuelle sur la santé, la sco-

²² « *An ERIC search of studies from 1966 to date revealed about 50,000 studies on computers in education. Only about 1% of these studies focused on computer use in early childhood. These studies dealt primarily with the various effects of computers on young children, and with the advantages, disadvantages and potentials of computer learning environments for pre-schoolers. The roles of the adults in pre-school computer learning environments were generally overlooked.* »

²³ « *A "benign addition" ? Research on ICT and pre-school children* »

²⁴ « *Although the focus is on children aged 3–5 years, studies of children up to the age of about eight are included if there is little research available that is specific to the pre-school years. (...) There is a scarcity of good quality research findings on using ICT with pre-school children. There has been a proliferation of reports, articles and web sites that make claims for the benefits to be derived from children using computers but the evidence base for much of this writing is weak. Many articles can be characterised as providing generalised discussion of the potential benefits, followed by cautions to use developmentally appropriate software. Some of the claims rely on assertion rather than empirical study.* »

larité, le comportement, la vie sociale et relationnelle, etc. des jeunes qui les utilisent. Ce glissement de préoccupations, que d'autres lectures ont confirmé ²⁵, est à prendre en compte car, comme nous le verrons au Chapitre 6, certains parents interviewés lors de notre recherche ont manifesté une certaine réticence à l'égard de l'informatique concernant leur enfant.

Ayant peu de données actuelles, tant au niveau des recherches que des usages, nous allons nous pencher sur les recommandations qui sont faites au niveau institutionnel concernant le recours aux TIC dans les classes avec les jeunes élèves. Nous allons notamment nous intéresser aux types d'activités proposées dans le domaine des sciences.

1.4 Les TIC et les sciences à l'école primaire

Une typologie des usages ²⁶ des TIC à l'école primaire est proposée dans le cadre du projet *PrimTICE* mis en place en 2004 via le site *Educnet* ²⁷ du Ministère de l'éducation nationale. En appui du *Brevet informatique et Internet (B2i)*, intégré dans les programmes de l'enseignement primaire en 2002, ce projet a pour objet de fournir aux enseignants de maternelle et d'élémentaire des pistes d'activités pédagogiques en mettant à leur disposition une banque d'usages des TIC répartis par niveau et discipline. Force est de constater que, relativement aux domaines de programmes de l'école maternelle, ce sont essentiellement les mathématiques et le langage, écrit et oral, qui sont visés au travers des activités informatiques. L'initiation scientifique et technologique, proposée à l'école maternelle sous l'intitulé « découvrir le monde », semble être un domaine relativement peu porteur en matière de recours aux TIC.

Ainsi, les activités proposées dans le dossier « TICE et sciences » ²⁸ du projet *PrimTICE*, qui illustrent « *une utilisation raisonnée des technologies de l'information et de la communication dans le cadre de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école* », concernent pour l'essentiel les niveaux d'enseignement plus élevés et notamment le cycle 3 de l'école primaire, aucune activité citée en exemple n'étant destinée à l'école mater-

²⁵ La revue *The Future of Children* (2000, vol. 10, n°2) propose un état de la question sur les enfants et les technologies informatiques. Plusieurs articles s'intéressent aux répercussions de l'utilisation des outils informatiques sur les enfants et aux risques potentiels (Montgomery, 2000 ; Subrahmanyam, Kraut, Greenfield et al., 2000 ; Wartella & Jennings, 2000)

²⁶ Cette typologie des usages est inspirée de la classification de Harris (1995).

²⁷ Voir <http://www2.educnet.education.fr/sections/primaire>

²⁸ Extrait du site Internet *Educnet du Ministère de l'éducation Nationale*

http://www2.educnet.education.fr/sections/primaire/usages_primaire/exemples_usages/tice_scences.html

nelle. Les différents types d'usages proposés, sont : l'observation, la recherche documentaire, l'expérimentation, la modélisation et simulation, la rédaction des connaissances construites par la classe.

1.4.1 La place de la simulation

Il est intéressant de constater que le recours aux TIC à des fins de simulation, puisque c'est bien de cela dont il est question dans notre recherche, est envisagé même s'il est loin d'être encouragé ²⁹. Ainsi peut-on lire, dès l'introduction de ce dossier « TICE et sciences » : « *Chaque fois que cela est possible, d'un point de vue matériel et déontologique, on doit privilégier l'action des élèves et l'expérimentation directe.* » Et, plus loin, en avertissement, « *il ne s'agit en aucun cas de remplacer l'action directe et l'expérimentation des élèves sur le réel au profit d'activités "virtuelles".* »

Le recours à la simulation informatique est tout de même préconisé, lorsqu'il est question de rendre compte de certains phénomènes inobservables, l'intérêt principal avancé résidant dans la représentation dynamique de ces phénomènes. Aussi peut-on lire (voir Encadré 1-1), dans le volet consacré à la simulation et à la modélisation :

« *Certaines modélisations et simulations sont parfois difficilement réalisables en classe. Lorsqu'on essaie de modéliser le mouvement des planètes autour du Soleil, le déroulement d'une éclipse, les mouvements de la croûte terrestre, les phases de la Lune, etc. le facteur "temps"*³⁰ *doit être pris en compte.*

Il est possible de recourir de manière raisonnée à des logiciels, ou à des animations (images FLASH, image GIF), qui permettront justement de "visualiser" comment les objets étudiés évoluent au cours du temps. L'animation permet d'accéder à la dynamique des phénomènes modélisés. »

Encadré 1-1. Extrait n°1 du dossier "TICE et sciences" du site *Educnet*

Ces quelques exemples de phénomènes naturels, pour lesquels le recours à la simulation informatique est considéré comme intéressant, sont suivis d'une mise en garde relative aux limites inhérentes à ce mode de représentation.

²⁹ Les propos tenus à cet égard dans l'ouvrage collectif *La main à la pâte* (Charpak et al., 1996, p. 32) sont sans ambiguïté : « *Seule la confrontation au réel modifie en profondeur sa [l'enfant] perception des choses et lui permet de faire évoluer ses concepts.* »

³⁰ En caractères gras dans le texte original.

1.4.2 Les limites et précautions d'usage de la simulation

La simplicité des modèles simulés, et par conséquent leur domaine de validité limité, est notamment souligné. Le risque envisagé est que les élèves ne considèrent ces modèles simulés comme la réalité elle-même ; leur utilisation doit être finalisée, et non gratuite, et leur caractère simplifié doit être explicité auprès d'eux. Toujours dans le volet consacré à la simulation et à la modélisation (voir Encadré 1-2) du dossier "TICE et sciences", nous lisons :

« Il ne faut pas perdre de vue que l'utilisation d'animations fait suite à une interrogation, à un problème qui doit être résolu.

Ainsi, le recours à des animations doit être orienté par un but : trouver des éléments de réponse à une problématique posée en classe.

Toute simulation a ses limites, il est intéressant d'en citer quelques unes (que l'enseignant doit connaître en vue de les faire expliciter par les élèves) : les objets (ex: Terre, Soleil, Lune) et les phénomènes en jeu sont "simplifiés", "modélisés".

- *Les planètes et étoiles sont souvent représentées par des points, plus ou moins gros, qui ne permettent pas toujours de prendre conscience des ordres de grandeurs. **Les élèves prennent-ils conscience du fait que le diamètre du Soleil correspond à plus de 100 fois celui de la Terre ?***

- *Le fait que le Soleil soit représenté par un point (ou un disque) jaune ne permet pas de rendre compte des "taches solaires" ni des protubérances qui existent à sa surface (visibles à l'aide du coronographe dû à B. LYOT).*

- *Les planètes et les étoiles sont généralement associées à une couleur. On parle de la **planète bleue** pour évoquer la Terre, on représente le Soleil et la Lune par un **disque jaune**, Mars est appelée communément la **planète rouge**, ...*

Cette simplification, acceptable à certains moments, doit être explicitée afin de ne pas favoriser la construction de représentations erronées préjudiciables aux élèves dans la suite de leur scolarité. »

Encadré 1-2. Extrait n°2 du dossier "TICE et sciences" du site *Educnet*

Les précautions à prendre concernant le recours à la simulation informatique dans le cadre de l'enseignement des sciences expérimentales et de la technologie à l'école primaire, rejoignent celles que nous avons évoquées précédemment, relativement à l'enseignement des disciplines scientifiques dans le second degré. Expliciter et préciser le lien avec la réalité s'avèrent nécessaires. Nous développerons largement cette réflexion dans le chapitre suivant consacré à la simulation.

1.4.3 Le recours aux musées de sciences pour l'expérimentation

Concernant l'utilisation des TIC dans le cadre des expérimentations, il est intéressant de noter que le volet du dossier « TICE et sciences » consacré aux expérimentations renvoie à des exemples d'activités mis en lignes par différents portails Internet d'institutions et associations à caractère scientifique et technique : le *Palais de la découverte*, l'*Exploradôme*, la *Cité des sciences et de l'industrie*, les *Petits débrouillards*, etc. Ceci confirme, comme nous l'indiquons en introduction, que les musées de sciences, les centres et associations de vulgarisation scientifique, sont aujourd'hui largement partie prenante dans la formation en sciences des plus jeunes, sur site mais également à distance via Internet.

Ces établissements, depuis déjà plusieurs années, proposent des activités à caractère scientifique et technique via les TIC. Comme nous allons le voir, certains d'entre eux - et notamment la *Cité des sciences et de l'industrie* -, ont aujourd'hui recours à ces technologies de façon conséquente. Il nous paraît intéressant de faire le point sur la manière dont elles sont utilisées en direction du public, et notamment à des fins de simulation.

1.5 Les TIC dans les expositions scientifiques

Dans le cadre d'une exposition, par rapport au contexte scolaire, les conditions d'utilisation, les objectifs assignés, les intentions et le statut des utilisateurs diffèrent notablement.

L'émergence des nouvelles technologies dans la communauté des musées a soulevé de nombreuses questions, ouvrant un nouveau champ de recherche autour de l'articulation multimédia/muséologie. Jusqu'au début des années 1990, les ordinateurs ont peu d'impact dans le fonctionnement des musées, et encore moins dans les objectifs et les programmes muséologiques³¹. Leur utilisation principale concerne l'inventaire informatisé des collections scientifiques des muséums et des musées proches comme les musées archéologiques et techniques. Le développement du multimédia avec l'explosion de l'offre matérielle et logicielle ouvre de nouvelles perspectives : « *l'arrivée des NTIC dans les musées bouleverse le mode de communication muséologique, il impose une nouvelle médiation et des changements profonds dans la relation que le musée propose au visiteur et au sein même de l'organisation du musée.* » (Guillet et al., 1998, p. 3) La mise en place de ces technologies va soulever de nombreuses questions d'ordre méthodologique, technique ou économique. En France ces réflexions ont commencé depuis une quinzaine d'années, pour s'amplifier vers la fin des années 1990.

³¹ Voir le premier dossier de *La lettre de l'OCIM (Office de coopération et d'information muséographique)* n° 6 de novembre 1989 consacré à l'informatique dans les muséums.

1.5.1 L'émergence du multimédia dans les musées

En juillet 1993, la *Direction des musées de France* lance une première enquête nationale sur les interactifs ³² dans les musées (Goldstein, 1994), enquête qui s'intéresse principalement aux images et textes pilotés par ordinateur. Même si cette enquête ne porte pas spécifiquement sur le thème, le public et le type d'établissement qui nous intéressent, elle nous permet de poser un regard sur les pratiques muséales envisagées en matière de TIC. L'enquête, qui concerne cent cinquante établissements répartis dans toute la France, a pour but de cerner les objectifs des musées dans ce domaine, leurs stratégies, leur choix de conception, leur mode de diffusion. Pour l'ensemble des 84 musées ayant répondu, 99 interactifs sont recensés, sachant qu'un tiers seulement est terminé. Quelques points intéressants se dégagent du rapport d'enquête (Renard, 1994). Les multimédias interactifs sont utilisés pour des fonctions signalétique et pédagogique. Lorsqu'ils sont conçus comme compléments pédagogiques, ils sont placés en amont, au cœur, ou en aval de la visite, en vue de permettre un accès diversifié aux connaissances. Ils viennent en appui des objets matériels présentés. Ils fonctionnent, pour la grande majorité d'entre eux, sur un mode informatif et délivrent des informations sous forme documentaire ou encyclopédique. Concernant le public visé, les dispositifs interactifs sont très majoritairement conçus pour convenir à toutes les classes d'âges. Un très faible nombre d'entre eux, à peine deux ou trois, sont spécifiquement destinés aux enfants. Par ailleurs, compte tenu de la catégorisation proposée dans l'enquête, en vue de caractériser les types d'interactifs utilisés, nous pouvons remarquer que les TIC ne sont pas envisagés comme outils possibles de simulation. A cette époque, l'introduction dans les musées des nouvelles technologies interactives comme supports de nouveaux modes de médiation ne fait donc que débiter. Leur champ d'utilisation est majoritairement limité à la délivrance d'informations, ils sont conçus indifféremment quel que soit le public utilisateur. Et le bilan de l'enquête de conclure effectivement : « *les évaluations de ces produits sont encore rares, la démarche et les réactions du public sont mal connues, dans un domaine proche encore du prototype et de l'expérimentation.* »

Dans le courant des années 1990, d'autres publications ont fait état d'un certain nombre de recherches sur les multimédias interactifs dans les musées, en vue notamment d'en caractériser les usages (Bernier & Goldstein, 1998 ; Pierre & Guilloux, 1998). A l'image du mouvement entrepris dans la sphère scolaire, de nombreuses questions ont émané du milieu des professionnels des musées sur les usages possibles de l'Internet et du multimédia

³² Le terme "interactif" est employé tel que par les auteurs, qui utilisent également de façon indifférente les expressions "multimédia interactif" et "interactif multimédia".

comme moyens nouveaux au service de ces institutions. Différentes rencontres plus ou moins ponctuelles ont ainsi vu le jour, avec par exemple au plan international, l'*International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums*³³ (ICHIM) ; aux Etats-Unis, la conférence annuelle du *Museum Computer Network*³⁴ (MCN) ; dans la sphère de la francophonie, les *Rencontres francophones nouvelles technologies et institutions muséales*³⁵ ; au Québec, les *Rencontres internationales du multimédia d'apprentissage*³⁶ (RIMA) ; etc.

Dans les différents documents et manifestations cités, nous n'avons pas trouvé trace de témoignages relatifs à l'utilisation de dispositifs de simulation avec des enfants. Et pourtant ce type d'activité présente un réel intérêt dans le cadre de visites d'expositions, comme nous allons le voir.

1.5.2 Les dispositifs de simulation dans les expositions scientifiques

Le recours à des simulateurs est parfois nécessaire dans les expositions scientifiques, pour rendre compte de phénomènes naturels ou de systèmes techniques, impossibles à présenter sous forme réelle : soit que leur échelle de temps trop rapide ou trop lente ne coïncide pas avec le temps de la visite, soit que leurs dimensions trop petites ou trop grandes les rendent impossibles à reconstituer dans l'espace d'exposition. Ainsi dans le domaine des sciences naturelles, comme l'indique Van-Praët (1988), peu de réactions biologiques s'accordent avec la durée de visite : « *Si l'on excepte les réactions sensorielles, par définition compatibles avec une brève démonstration, les vitesses des réactions moléculaires sont trop rapides et à l'inverse celles des mécanismes écologiques et évolutifs trop lentes pour permettre de les présenter directement dans une exposition.* »

Au-delà des contraintes spatiales et temporelles, certaines manipulations, du fait de leur nature qui n'est pas compatible avec les contraintes inhérentes à de tels environnements, ne sont pas adaptées au contexte d'une exposition. Ainsi en est-il de l'usage de la peinture pour faire comprendre le principe de mélange des couleurs, domaine de connaissance auquel nous nous sommes intéressé. Il paraît difficilement concevable de présenter réellement cette manipulation - avec du matériel de peinture -, dans des conditions de visite où le public est libre de manipuler comme il l'entend les éléments de présentation.

³³ Cf. <http://www.archimuse.com/conferences/ichim.html>

³⁴ Cf. <http://www.mcn.edu/>

³⁵ Cf. <http://www.smq.qc.ca/publicsspec/smq/activites/bilantrilogie/index.phtml#haut>

³⁶ Cf. <http://www.rima2002.org/>

L'usage des ordinateurs apparaît ainsi comme une alternative séduisante puisqu'ils permettent de simuler des manipulations impossibles à réaliser dans un cadre muséal basé sur l'interactivité. D'autant que, comme le précisent Le Marec *et al.* (1996, p. 65) à la suite d'une proposition de catégorisation des différents types d'interactifs ³⁷ utilisés dans les musées, « *seuls les programmes informatiques sont capables de gérer convenablement des simulations complexes* ». Dans les expositions pour enfants à la *Cité des sciences et de l'industrie*, de tels dispositifs ont fait leur apparition relativement tôt (Guichard, 1987).

1.5.3 La place de l'informatique dans les expositions de la *Cité des sciences et de l'industrie*

En France, la *Cité des sciences et de l'industrie* s'appuie, depuis son ouverture au public, sur une expérience significative dans le domaine de l'utilisation des TIC en tant qu'outils de médiation. La première raison en est sa taille, qui en fait l'un des plus grands centres de vulgarisation consacré aux sciences et aux techniques ³⁸, et dont les moyens importants lui ont permis de concevoir de nombreux dispositifs multimédias. Une autre raison en est sa vocation puisque le lieu est dédié, non pas à la conservation d'objets comme les musées traditionnels, mais à la présentation interactive de la science et de ses réalisations, nécessitant le recours à une grande diversité de médias. Enfin, la dernière raison que nous avançons est que la *Cité des sciences et de l'industrie* ouvre ses portes dans les années 1980, en pleine période d'émergence de ce que l'on appelle à l'époque, les nouvelles technologies.

Et de fait, leur intégration dans les expositions a été très tôt un sujet de préoccupation pour ses fondateurs, comme en témoigne différents écrits (Courtieux, 1982 ; Prost 1984). Fin 1982, Maurice Lévy, directeur de ce qui se nomme alors le *Musée national des sciences, des techniques et des industries*, demande à Robert Prost, chargé de mission au *Centre des systèmes et des technologies avancées*, de présenter un rapport sur « *la place des technologies de pointe dans les espaces permanents, dans le but d'apporter aux équipes de conception une information actualisée capable d'être transformée en éléments d'expositions.* »

³⁷ Ici encore le terme "interactif" est employé tel que par les auteurs (y compris dans le titre), qui l'utilisent également comme adjectif pour qualifier le terme "multimédia". Nous reprenons ici cette expression.

³⁸ La *Cité des sciences et de l'industrie*, avec 100000 m² ouverts au public, est la plus grande structure de vulgarisation scientifique du monde. De son ouverture en mars 1986 à décembre 2004, elle a accueilli 58 millions de visiteurs dont la moitié dans ses expositions. (*Département évaluation et prospective*, 2005, p. 18).

A l'ouverture en 1986, outre la nouveauté du lieu, c'est effectivement la place donnée aux nouvelles technologies dans les espaces d'expositions qui attire les visiteurs. Dans la première moitié des années 1990, de nombreuses études de cas sont conduites par le *Département évaluation et prospective* interne à la *Cité des sciences*, à partir d'éléments interactifs sélectionnés parmi les quelques trois cents que compte alors l'ensemble des expositions (Coiffard, 2000). Sur la base d'une approche méthodologique identique (questionnaires, observations et entretiens), ces études visent différents objectifs. Elles s'intéressent aux utilisateurs (identification et qualification de la population) ; aux modalités d'utilisation (contexte d'usage (espace, temps), suivi du programme) ; à l'ergonomie et l'interactivité (clarté des consignes, facilité d'utilisation, ergonomie de la navigation) ; à l'appréciation du média (l'image, les dessins animés, la voix, le texte écrit) ; à l'appréciation du contenu (informations retenues ou impressions laissées par le logiciel, critiques et suggestions éventuelles).

Bien que ces études portent sur des dispositifs informatiques destinés à un public adulte, elles nous apportent une information intéressante. Au-delà des remarques relatives aux spécificités de chacun des dispositifs étudiés, elles mettent toutes en avant la nécessité de concevoir des interfaces très accessibles sous peine de voir une frange du public renoncer à ce type de dispositif médiatique. Un tel constat semble d'autant plus vrai pour les logiciels de simulation. Ainsi, comme l'indiquent Le Marec *et al.* (1996), « *avec les simulations, l'interface utilisateur, c'est-à-dire l'arrangement des commandes qui permettront à l'utilisateur de manipuler le programme, doit être particulièrement soignée. Il faut qu'elle soit à la fois proche du phénomène réel qu'elle simule et facile à utiliser.* » (ibid., p. 65) Ce constat est à prendre en compte dans le cadre de notre recherche, puisque les adultes qui accompagnent les enfants seront eux-mêmes confrontés au dispositif informatique auquel nous nous intéressons.

1.5.4 La place de l'informatique dans les expositions de la *Cité des enfants*

Nous n'avons que peu de données concernant ce type de dispositifs dans les expositions pour enfants de la *Cité des sciences*. Dans l'exposition destinée aux enfants de 3 à 5 ans, celle qui nous intéresse, quelques études ont toutefois été menées (Cordier, 1998 ; Stuard, 1999). Elles ont pour objet d'établir un diagnostic à propos des dispositifs médiatiques, en vue de fournir un appui aux concepteurs travaillant sur le renouvellement de la *Cité des enfants*. Les interactifs multimédias sont également concernés par ces études. Sur la base d'observations et de questionnaires, elles visent à caractériser les activités, à identifier les usages, à observer les attitudes des adultes accompagnateurs, à lister les dysfonctionnements mais aussi à établir l'accessibilité des dispositifs aux enfants âgés de moins de 3 ans. Dans l'exposition des petits de la *Cité des enfants*, les ordinateurs sont ré-

unis en cercle dans un même espace. Plusieurs constats similaires ressortent de ces études.

Les activités informatiques font partie de celles où les parents sont très présents aux côtés des enfants. La proximité physique est même plus étroite que dans beaucoup d'autres dispositifs, qui ne nécessitent pas une présence rapprochée des utilisateurs. L'interaction est donc souvent très riche durant la manipulation, l'adulte jouant un rôle de guide auprès de l'enfant en orientant son activité. Cependant, la conduite des adultes est variable selon le logiciel utilisé. Certains programmes proposent en effet un but à atteindre selon une procédure qui n'est pas toujours perceptible d'enfants non lecteurs. Dans le chapitre consacré à la méthode nous reviendrons plus en détail sur le dispositif qui nous intéresse.

Les impressions des parents vis-à-vis des dispositifs ont été recueillies. Pour la plupart d'entre eux, l'utilisation des ordinateurs a un impact positif sur l'enfant, en termes de divertissement mais aussi d'apprentissage, même si certains considèrent que c'est une activité qui pourrait être réservée aux plus âgés. Pour des parents interviewés, la plus ou moins grande facilité de leur enfant à manipuler les ordinateurs, relève de compétences d'ordre logique plus ou moins acquises. Enfin, la plupart des parents semblent ne pas considérer qu'il y ait une grande différence, à cet âge, entre les intérêts et les pratiques de filles et des garçons pour les activités informatiques.

Concernant l'accès des ordinateurs aux enfants de moins de 3 ans, il semble envisageable pour certains dispositifs, à condition d'être accompagnés d'adultes. Enfin s'agissant des problèmes soulevés, certaines interfaces sont considérées comme mal conçues, ce qui génère parfois des difficultés d'utilisation, provoquant alors l'abandon de l'activité. D'un point de vue plus général, les conditions de manipulation sont souvent considérées comme difficiles lorsque l'exposition est complète (bruit, bousculades, etc.). Le manque de temps est également mis en avant.

1.6 Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons vu que l'essentiel des recherches portant sur l'informatique et les jeunes enfants, s'est déroulé à l'époque de LOGO. Ces recherches ont l'intérêt d'avoir mis en lumière un certain nombre de faits importants. D'une part, l'activité informatique semble limitée comme seule voie d'accès à la conceptualisation, mais permettrait de renforcer ou d'accélérer celle-ci, dans la mesure où elle s'accompagne d'autres activités. Par ailleurs, les expériences réalisées mettent en avant la place centrale de l'adulte pour son rôle de guide durant l'activité de l'enfant.

Passé l'effervescence liée à l'apparition des technologies informatiques sur le terrain de l'éducation, le courant de recherches significatives sur l'informatique et les jeunes enfants a visiblement cessé, laissant place à des études localisées basées principalement sur des observations. S'agissant des usages, dont il est difficile d'avoir un rendu généralisé compte tenu de l'absence d'études de grande ampleur concernant l'école maternelle, il semble qu'ils soient essentiellement orientés vers des activités logico-mathématiques ou de pré-lecture. Quant aux activités scientifiques et techniques, malgré les instructions officielles pour l'école primaire qui envisagent avec prudence le recours à la simulation informatique pour illustrer certains phénomènes, nous n'avons relevé aucune donnée nous permettant d'en tirer des éléments de réflexion significatifs. Le point essentiel qui nous semble à retenir, et sur lequel nous allons largement revenir dans le chapitre suivant, porte sur les recommandations concernant les précautions d'usages en cas de recours à la simulation avec des élèves.

Concernant les multimédia interactifs dans les expositions scientifiques, le tour d'horizon que nous avons effectué nous a permis de constater que les dispositifs muséologiques à base d'informatique offrent rarement des situations de simulation, et proposent pour l'essentiel des systèmes hypermédias ou des didacticiels, proposant une voie complémentaire pour accéder à l'information relative aux expositions. Par ailleurs, ils s'adressent prioritairement aux adultes, les enfants faisant l'objet de peu de recherches dans le domaine.

Chapitre 2 - La simulation informatique en sciences : avantages et inconvénients

Résumé du chapitre

La simulation informatique est une pratique courante dans une perspective d'apprentissage, notamment dans le contexte scolaire pour l'enseignement des sciences expérimentales. C'est une activité qui présente de nombreux intérêts, mais qui porte également en elle quelques inconvénients qu'il est bon d'avoir à l'esprit, faute de quoi la simulation pourrait être inefficace voire même "trompeuse". Concernant les niveaux d'enseignement, seul celui du second degré et notamment du lycée, est intéressé. Les recherches qui se sont penchées sur la simulation informatique sont essentiellement menées par des didacticiens, dans le cadre des enseignements de sciences expérimentales, qui envisagent cette activité comme un outil au service de leur discipline. S'agissant des enfants en bas âge, nous n'avons trouvé que très peu de travaux les concernant.

2.1 Introduction - La simulation en situation d'apprentissage, une pratique courante

Aujourd'hui, le recours à la simulation informatique en situation d'apprentissage est très fréquent, aussi bien pour la formation professionnelle que pour l'enseignement général ou technologique aux niveaux du secondaire et du supérieur. Dans le milieu de l'entreprise, la simulation est une technique largement utilisée à des fins de formation. La raison première en est l'économie de coûts, de flexibilité et de sécurité pour les personnes comme pour les biens. Les dispositifs de simulation peuvent prendre une très grande diversité de forme, s'adressant aux personnels de l'aviation, des centrales nucléaires, des hôpitaux et de bien d'autres domaines encore. Les nombreuses études portant sur l'analyse des activités et leurs impacts, l'utilisation ou encore la conception d'environnements de simulation pour la formation professionnelle (Gouardères & Joab, 1999 ; Pastré, 2003) témoignent de la banalisation du recours à de telles techniques comme instruments de formation. Avant de nous pencher sur les intérêts, mais aussi les inconvénients, de la simulation utilisée dans un cadre scolaire en direction des élèves, nous allons préciser ce que nous entendons par *simulation*, tant le terme recouvre de définitions diverses renvoyant à des situations, des fonctions et des propriétés variées.

2.2 La simulation, approche d'une définition générale

D'après Mialaret (1979), le sens étymologique du terme simulation est "faire semblant d'être". Dans l'*Encyclopædia Univarsalis*, Grémy (1989, p. 30) définit la simulation comme une expérimentation sur un modèle : « *c'est une procédure de recherche scientifique qui consiste à réaliser une reproduction artificielle (modèle) du phénomène que l'on désire étudier, à observer le comportement de cette reproduction lorsque l'on fait varier expérimentalement les actions que l'on peut exercer sur celle-ci, et à en induire ce qui se passerait dans la réalité sous l'influence d'actions analogues.* » Il existe deux types de situations où l'on a recours à la simulation, soit lorsqu'il y a impossibilité de recourir à l'expérimentation directe en raison de considérations morales, d'impératifs temporels, de contraintes budgétaires ou d'obstacles naturels, soit lorsque l'on cherche à élaborer une théorie qui permette de rendre compte de données d'observation grâce aux techniques de simulation. Dans le premier cas, on utilise un modèle particulier qui a fait ses preuves ; dans le second cas, on teste différents modèles en vue de déterminer celui qui fournit l'approximation la plus correcte de la réalité. Il est à noter que la simulation n'est pas nécessairement numérique, il est en effet possible de simuler de manière analogique certains phénomènes en laboratoire, par exemple en géologie, en aérodynamique ou en météorologie, en utilisant des objets matériels tels que des maquettes ou des modèles réduits (Serres & Farouki, 1997). Les expositions scientifiques ont également recours à ce type de simulations analogiques. Pour Grémy (op. cit.), les rapports entre le modèle et la réalité simulée permettent de définir les trois grands domaines d'application de la simulation : la construction de théories, la décision et la formation de l'homme. Dans ce dernier cas, celui qui nous intéresse, l'intérêt de la simulation est de permettre à ceux qui la réalisent, c'est-à-dire à ceux qui agissent sur des facteurs exogènes contrôlables du modèle, de se familiariser avec la réalité qu'elle représente.

Le simulateur étant l'outil de mise en oeuvre de la simulation, Baron (1998, p. 666) le définit comme un « *dispositif constitué de composants matériels ou logiciels visant à reproduire certains aspects d'une situation, d'un phénomène ou d'un dispositif réel. Il peut en permettre l'étude à travers les modèles mis en oeuvre, ou le test de scénario de fonctionnement, en faisant varier les paramètres accessibles.* » Nous nommerons donc indifféremment, simulateur ou dispositif de simulation, l'objet technique auquel nous nous sommes intéressé et que nous évoquerons tout au long de notre travail.

Les différentes définitions que nous venons de citer sont très générales et relatives à un large domaine d'applications. Mais la nature et les modes d'utilisation changent profondé-

ment selon chacun de ces domaines et il est donc nécessaire de se pencher plus précisément sur celui qui nous intéresse.

2.3 La simulation en sciences : aspects didactiques

Dans le contexte scolaire, l'utilisation de l'ordinateur comme outil de simulation a été l'une des premières applications de l'informatique, comme en témoigne le rapport « Dix ans d'informatique dans l'enseignement secondaire, 1970-1980 » publié par l'INRP, en 1981. Les sciences physiques et la biologie ont notamment bénéficié des apports des recherches dans ce domaine. Au début des années 70, à l'heure de l'expérience dite « des cinquante-huit lycées », première expérience française d'introduction de l'informatique dans l'enseignement, le professeur Jacques Hebenstreit³⁹ qui en fut l'un des inspirateurs, insista sur le rôle irremplaçable de l'ordinateur dans la simulation des expérimentations : « *Il ne s'agit pas de rejeter l'expérimentation réelle, bien au contraire, puisque c'est l'expérimentation réelle qui seule permet la construction d'un modèle de la réalité et la vérification de sa validité. Il s'agit d'utiliser l'ordinateur en simulation soit pour présenter des modèles de complexité croissante, qui risquent sinon de demeurer à l'état d'abstraction pure, soit pour expérimenter dans des domaines où l'expérience directe est difficile ou impossible.* » Dès cette époque, les ordinateurs sont effectivement utilisés pour l'enseignement des sciences physiques, dans les classes de lycées et dans le supérieur, afin de créer des simulations. Les capacités de calcul des ordinateurs permettent différentes études⁴⁰ : trajectoires de particules chargées, atterrissages sur la Lune, circuits électriques simples, trajectoires de rayons lumineux, etc.

2.3.1 Les intérêts de la simulation

Outre un intérêt certain au plan didactique - sur lequel nous reviendrons - les avantages de la simulation sont nombreux pour l'enseignement des sciences expérimentales, comme nous le rappellent Baron et Durey (1998, p. 5) : « *On peut simuler des expériences de laboratoire (titrage en chimie), des processus industriels (métallurgie). On peut simuler des phénomènes trop dangereux (explosions), trop lents (échanges thermiques), trop rapides (électronique), trop petits (diffusion de particules), trop grands (mouvement des planètes). On peut simuler des situations extrêmes ou limites (chocs élastiques, frottements nuls...) ou des modèles parfaits ou idéaux (gaz parfait...). On peut enfin simuler des objets idéaux des sciences physiques (exemple en mécanique des ressorts, des amortisseurs, des pou-*

³⁹ Cité par Baron (1994, p. 28).

⁴⁰ Pour des illustrations, voir le site <http://www.inrp.fr/Tecne/Acexosp/Actsimul/Introsim.htm>

lies, des fils, des liaisons, des solides...). » Comme nous l'avons vu précédemment dans un cadre plus général, l'intérêt du recours à la simulation en sciences se réalise en terme de coût, de temps ou de sécurité. Mais dans un contexte d'apprentissage scolaire, la simulation présente principalement un intérêt didactique.

Et de fait, dans le contexte scolaire et notamment au lycée, la simulation est une pratique courante dans l'enseignement des sciences expérimentales (sciences de la vie et de la terre, sciences physiques et technologie). De très nombreux travaux de recherches en didactique s'y sont penchés et ont permis de développer pour les disciplines scientifiques des activités informatiques en concevant des matériels et des logiciels de plus en plus adaptés à leurs besoins. Durey et Beaufiles, qui ont très largement contribué à la réflexion engagée sur l'utilisation de l'ordinateur en sciences physiques, distinguent deux types de logiciels de simulation dans cette discipline : ceux qui simulent le fonctionnement d'un appareillage et ceux qui simulent un phénomène ou un processus (Beaufiles et al., 1987a, 1987b). Dans le premier cas, il s'agit soit d'obtenir de l'élève l'acquisition d'une méthode explicite, par un entraînement plus ou moins complet et systématisé sur un appareil simulé (ampèremètre, balance, etc.), soit de développer chez l'élève le sens de l'observation, de l'expérimentation et de la déduction en lui proposant une situation interactive (simulation de panne, par exemple). Se pose alors pour ces deux situations d'apprentissage, la question du transfert des acquisitions à des situations expérimentales réelles. Dans le second cas, le programme de simulation fait référence à un modèle mathématique d'un processus ou d'un phénomène physique. La simulation peut alors être soit comportementale, avec comme objectif d'amener l'élève à observer les effets du réglage des valeurs des variables d'entrées et/ou des paramètres du modèle, soit modélisante avec comme objectif de faire découvrir à l'élève une expression de la loi qui régit le modèle placé dans le programme et de le placer dans une situation de recherche autonome où il doit proposer une ou plusieurs solutions. Finalement, l'activité de simulation va, selon le cas, donner au modèle soit un statut d'outil, soit un statut d'objet d'étude.

Concernant notre recherche, nous nous sommes intéressé à un cas particulier de logiciel simulant des mélanges de couleurs, c'est-à-dire un processus de transformation. Il s'agit donc, en référence à la typologie des usages proposée par Beaufiles, d'une simulation de type comportemental. Dans ce cas, le modèle sur lequel s'appuie le programme de simulation n'est pas accessible à l'apprenant. L'apport de l'ordinateur réside essentiellement au niveau de l'image à laquelle il apporte deux dimensions nouvelles : l'interactivité et l'animation. L'interactivité se situe au moment du choix des valeurs des variables d'entrées et/ou des paramètres du modèle, choix dont les conséquences vont s'observer sous forme d'une animation. La simulation permet donc, dans ce cas, la compréhension de l'influence

des différentes données d'entrées sur le résultat du processus ou du phénomène étudié, et la mise en correspondance qualitative entre les effets observés et les choix effectués.

Dans l'enseignement des sciences physiques au niveau du secondaire, la simulation est davantage considérée comme un instrument permettant des activités de manipulation de modèles, l'hypothèse avancée étant que ces manipulations favorisent l'acquisition de connaissances théoriques (Beaufils et al., 2001). C'est donc l'activité de modélisation qui est visée au travers des exercices de simulation. Aussi, de nombreux travaux en didactique ont porté, et portent encore, sur les problématiques liées à l'appropriation par les élèves de modèles particuliers. S'agissant de notre recherche, nous ferons peu référence à ces travaux dans la mesure où, comme nous l'avons dit, la simulation informatique proposée aux enfants n'a pas pour but de les faire travailler sur le modèle sur lequel s'appuie le programme informatique, mais de faire porter leur attention sur l'évolution de la réalité modélisée en vue notamment d'en étudier certains aspects, de faire des prédictions ou de vérifier l'effet de leurs interventions vis-à-vis du processus étudié. Dans ces conditions, le modèle est donc considéré comme établi, sa validité n'ayant pas lieu d'être discutée comme c'est le cas dans les activités de modélisation.

2.3.2 Les limites de la simulation

Comme le remarque Teodoro (1990), l'activité de simulation comporte des "effets secondaires" indésirables, liés à l'utilisation des modèles. Ainsi pour Grémy (1989), le problème central rencontré, quel que soit le domaine d'application, est celui de la correspondance entre le modèle simulable et la réalité qu'il représente. Cette ambiguïté, susceptible de s'installer chez l'apprenant lors d'une activité de simulation, entre les objets virtuels manipulés à l'écran et la réalité à laquelle ils renvoient, est bien exprimée par Hebenstreit (1987, cité par Teodoro, 1991) : « *L'"objet" sur lequel l'utilisateur agit pendant une simulation est "concret" en ce sens qu'il réagit aux actions (par l'intermédiaire du clavier ou d'une souris) comme le ferait un objet réel, mais cet objet est cependant abstrait car si son comportement apparaît sur l'écran de l'ordinateur, il ne peut cependant être vu ou touché comme le serait un objet concret.* »

Comme le rappelle Beaufils (1987b), dans une activité de simulation, c'est le modèle qui est manipulé et non l'objet. La difficulté principale est d'établir le lien entre les deux dans la mesure où celui-ci n'est que suggéré par une similitude visuelle. La plupart du temps, ce lien n'est pas établi spontanément par les élèves, qui restent "au niveau de l'écran". Ce lien doit donc être rendu explicite, faute de quoi la simulation, qui n'a de sens que par rapport à une réalité que l'on souhaite appréhender, deviendrait un acte gratuit et sans répercus-

sions. Pour cette raison, Beaufls propose de coupler l'activité de simulation avec l'étude de données acquises de manière expérimentales.

La réflexion sur l'articulation entre réalité et objets virtuels est importante d'un autre point de vue. La simulation d'un processus ou d'un phénomène s'appuie en effet sur un modèle qui, le plus souvent, propose une représentation simplifiée et donc incomplète de la réalité, certains de ses aspects étant seuls pris en compte. Il est donc nécessaire d'informer les apprenants du rendu réducteur et imparfait qu'offre la simulation de la réalité, faute de quoi celle-ci pourrait tourner à la falsification. Teodoro (1990) propose ainsi, lors d'activités de simulation, de procéder au renforcement des "correspondances négatives" entre la simulation et la conception que nous avons de la réalité, plutôt que de ne mettre en lumière que les "correspondances positives" des aspects sur lesquels porte la simulation. Il cite à cet effet l'exemple de la simulation du passage du courant électrique dans un fil, qui permet d'étudier le mouvement des électrons soumis ou non à un courant. Dans cette simulation, indique Teodoro, toutes les "choses" représentées à l'écran correspondent "négativement" à la réalité : les atomes ne sont pas tout à fait ronds, le fil n'est pas plat, la vitesse des électrons libres est fautive, les atomes ne sont pas fixes mais vibrent, nous ne connaissons pas la couleur des "choses" à cette échelle, etc. Finalement, il y a une seule correspondance positive pour cette simulation, celle du mouvement des électrons libres qui est aberrant quand il n'y a pas de courant et qui ont tendance à se déplacer plus dans un sens que dans l'autre quand il y a du courant. D'après l'auteur cité, l'explicitation des "correspondances négatives" est donc tout aussi importante que celle des "correspondances positives", afin d'éviter que la simulation ne soit considérée comme exacte reproduction de la réalité.

Les risques pour l'apprenant de ne percevoir la simulation que pour elle-même sans lien aucun avec la réalité ou au contraire de la considérer comme un rendu exact du réel sans en discerner les dissemblances, peuvent être réduits si l'activité de simulation s'accompagne de suffisamment d'informations concernant le modèle simulé. La simulation informatique présente donc des intérêts au plan didactique, sous réserve de quelques précautions d'usage. Elle doit être également envisagée dans une approche psychologique.

2.4 Point de vue psychologique

Si beaucoup de concepts peuvent être construits sur la base d'activités spontanées, les concepts scientifiques s'appuient moins sur les expériences quotidiennes dont ils sont plus distanciés et résultent de processus de construction plus complexes mêlant filiations et ruptures, comme Bachelard (1938) l'a mis en évidence. Les concepts inconscients et quotidiens sont forgés dans les expériences et l'action, sans distanciation ni prise de cons-

science ; ils régissent les conduites en tant que concepts en acte (Vergnaud, 1983) et se forment à notre insu sur la base de régularités observées. Comme le rappelle Weil-Barais (2004, p. 184), « *il est établi maintenant que, très précocement, avant même l'apparition du langage, les enfants élaborent des représentations du monde physique par la perception (visuelle, tactile, auditive, etc.) des objets qui les entourent, puis en les manipulant lorsque les coordinations cognitivo-sensori-motrices deviennent possibles. Ces connaissances implicites sont fonctionnelles puisqu'elles permettent aux enfants d'anticiper les événements et de réguler leurs actions. L'hypothèse que nous avançons est que c'est à cause de leur caractère implicite et de leur inscription contextuelle que ces connaissances présentent le caractère rigide décrit par les didacticiens des sciences : l'enfant n'a pas conscience de ses connaissances et, par conséquent, en ignore le domaine de validité* ». L'activité de simulation peut ici jouer un rôle intéressant, dans la mesure où elle implique non seulement de prendre du recul sur l'exercice de l'activité, mais aussi d'agir sur le déroulement de celle-ci, via l'interface logicielle du simulateur, afin d'en mettre en évidence certains aspects. Une telle posture paraît plus délicate dans le cadre d'une activité portant sur le réel, au cours de laquelle les enfants – d'autant plus qu'ils sont jeunes –, ont du mal à s'extraire de l'action immédiate qui les mobilise. L'activité de simulation pourrait donc permettre d'exercer la métacognition, par une dialectique entre l'exercice de l'activité et l'analyse de celle-ci, favorisant ainsi la prise de conscience permettant la transformation des connaissances implicites en connaissances explicites. Dans le cadre des apprentissages scolaires, Caillot a insisté sur le rôle du contrôle et de la prise de conscience dans la gestion des processus cognitifs, en vue notamment de faciliter les transferts de compétences (Caillot, 2004).

L'intérêt d'un logiciel de simulation est également son statut d'instrument de médiation. Vygotski établit une opposition parallèle entre d'une part les notions de concept spontané et de concept scientifique, et d'autre part celles de rapport immédiat et de rapport médiatisé avec l'objet : « *La première apparition d'un concept spontané est ordinairement liée à un heurt direct de l'enfant avec telles ou telles choses... des choses réelles, des choses de la vie. Et c'est seulement après un long développement que l'enfant arrive à prendre conscience de l'objet, à prendre conscience du concept lui-même et à l'employer dans des opérations abstraites. Le concept scientifique, par contre, a pour point de départ non pas un heurt direct avec les choses mais un rapport médiatisé avec l'objet.* » (1934/1997, p. 371). La définition de la zone proximale de développement, sur laquelle nous reviendrons dans le chapitre suivant, met en évidence l'importance de la médiation de l'adulte. Mais celui-ci n'est pas seul médiateur entre le savoir et l'enfant, le registre sémiotique servant également de moyen de formation des concepts. Le langage en tant que système de signes en est le premier instrument. « *Les élèves ne sont en général pas au clair a priori sur les*

conceptions intuitives qu'ils véhiculent et qui les affectent, de telle sorte que leur explicitation consciente est une phase essentielle pour eux. (...) Le langage est en effet un transformateur cognitif de premier ordre, car il oblige à lier fortement par des mots et des relations graphiques ce qui n'était qu'évoqué mentalement d'une façon nébuleuse, approximative, pétrie quelquefois de contradictions internes invisibles. » (Astolfi et al., 2001, p. 77) Au niveau instrumental, les interfaces des logiciels de simulation apparaissent comme des environnements privilégiés en tant que systèmes sémiotiques dynamiques et interactifs. Cela est d'autant plus vrai, lorsqu'il s'agit de rendre compte de phénomènes ou de processus en mouvement, dont le contrôle peut s'avérer délicat, voire impossible, lorsqu'ils sont matérialisés par des objets physiques. Comme le précise Jamet, « *l'outil multimédia offre la possibilité d'appréhender la dimension dynamique des phénomènes scientifiques. (...) Les interfaces peuvent souligner les caractéristiques importantes qui concourent aux phénomènes étudiés et de ce fait favoriser leur intégration dans la représentation du sujet* » (Jamet, 2002, p. 167).

Parce qu'elles font l'objet d'une médiation humaine s'appuyant sur instrument de médiation sémiotique, permettant à la fois une mise en mots et en symboles, les activités de simulation nous semblent donc être d'une grande richesse, si l'on considère comme le suggère Weil-Barais (2004, p. 184), que « *la science est une vaste entreprise de conscientisation et d'explicitation visant une meilleure maîtrise de soi et du monde dans tous ses aspects (économiques, sociaux, biologiques, physiques, éthiques, etc.)* ». Cela étant, il convient d'avoir à l'esprit un certain nombre de données.

D'une part, les transformations psychiques évoquées portent sur le long terme et le temps d'une manipulation au cours d'une visite d'exposition n'est certainement pas suffisant à leur aboutissement. Par ailleurs, les détournements que permet la manipulation d'objets réels, ne sont pas possibles au cours d'une activité de simulation informatique où l'utilisateur est contraint par les possibilités souvent restreintes du programme de modélisation. Or, comme nous le verrons dans le Chapitre 3, pour Rabardel, ces détournements qui relèvent de l'instrumentalisation sont à considérer comme un enrichissement. Enfin, l'activité de simulation engage, de la part des apprenants, des opérations d'appropriation et de manipulation des objets symboliques.

2.5 Objets symboliques et objets réels

En tant qu'outils de simulation, les ordinateurs confrontent les utilisateurs, non pas à des objets matériels comme le font les expériences réelles, mais à des représentations symboliques censées rendre compte de ces objets. Ce constat soulève une question essentielle,

pourtant peu traitée dans le domaine des technologies éducatives, qui est celle de la mise en relation par les utilisateurs de ces deux formes d'objets, symbolique et matérielle. Comme que le rappelle Perriault (2002), le passage de l'écran à la réalité externe ne va pas de soi, y compris pour les adultes. Ainsi Vivet (2000) a abordé le problème de la formation de base de personnels de bas niveaux de qualification, en conduisant une expérience en milieu industriel. Il a noté que des ouvriers qui apprenaient sur écran à monter une tête de fraiseuse éprouvaient des difficultés à transposer cette opération sur la machine réelle. La question est donc d'autant plus vive pour les enfants, dont on connaît le besoin de manipuler directement le réel pour comprendre les phénomènes (Johsua, 1989 ; Gott & Duggan, 1996). Pourtant, comme le souligne Jamet (2002), ce public ne fait pas l'objet de travaux particuliers dans ce domaine et on connaît mal les capacités des enfants à relier le monde des objets virtuels visualisés à l'écran de l'ordinateur et celui des objets réels représentés.

2.5.1 La polysémie des images

D'une manière générale, l'appropriation des objets symboliques n'est pas systématique. Dans le domaine de la lecture d'images, différents travaux se sont penchés sur les difficultés susceptibles d'être rencontrées par les enfants (Cannard, Bontoux & Blaye, 2004 ; Richaudeau, 1982). Peraya (1995) s'est ainsi intéressé au traitement et à l'utilisation des images des manuels scolaires et plus largement des paratextes ⁴¹. A l'issue d'un travail d'analyse des différents paradigmes de recherche concernant la théorie de ces paratextes, l'auteur conclue ainsi : « il est *étonnant que dans les nombreux manuels consultés il ne soit quasiment jamais fait allusion au traitement de la plage visuelle par l'apprenant. Des points de vue tant de la pratique pédagogique que de la théorie de l'apprentissage, il semblerait pourtant utile de donner au lecteur des consignes précises afin d'orienter la lecture des plages visuelles et d'en favoriser l'appropriation à l'occasion d'une tâche. L'utilisation et l'exploitation des paratextes irait de soi, comme si les élèves possédaient naturellement la capacité - le don ? - de traiter l'information présentée sous une forme audio-scripto-visuelle. Or, toutes les recherches que nous avons citées tendent à prouver le contraire. On redécouvre donc aujourd'hui, sous l'impulsion du traitement informatique de l'image, ce que l'audiovisuel classique avait fait apparaître voilà près de 30 ans : une alphabétisation, une éducation aux représentations visuelles, sont indispensables si l'on veut que les plages visuelles deviennent un véritable outil d'apprentissage, une technologie intellectuelle ».*

⁴¹ « *Les mots et les phrases du texte laissent tout autour un espace libre : le cotexte. Dans cet espace disponible seront introduits des titres, des phrases en marge, des informations périphériques (notes, références, etc.) et des illustrations, cet ensemble constituant le paratexte.* » (Jacobi, 1985, p. 848)

Et de fait, selon leurs caractéristiques (forme, texture, degré d'iconicité, couleur, etc.), les images peuvent induire des erreurs de reconnaissance et de dénomination. Comme le rappelle Barthes, cité par Linard (1969, p. 54), l'image est essentiellement ambiguë : « *Toute image est polysémique, elle implique (...) une chaîne flottante de signifiés dont le lecteur peut choisir certains et ignorer les autres. La polysémie produit une interrogation sur le sens... La parole répond d'une façon plus ou moins directe, plus ou moins partielle, à la question « Qu'est-ce que c'est ? » (...) [Elle] correspond bien à un ancrage de tous les sens possibles de l'objet.* » Or l'environnement des enfants est saturé d'images, à l'école comme en dehors de l'école.

Mottet (1992, 1996) qui a travaillé sur le repérage et l'analyse des apports spécifiques des images à l'élaboration des connaissances scientifiques et sur le fonctionnement des élèves aux prises avec des images, nous rappelle que « *la vulgarisation scientifique - et tout particulièrement celle qui s'adresse à de jeunes publics - fait de plus en plus appel aux ressources de l'imagerie : à la télévision certes mais aussi dans les expositions, dans les revues et dans les jeux informatiques* ». Une des questions soulevée par Mottet est notamment de déterminer ce que l'élève peut transférer, d'une activité basée sur l'utilisation d'images, dans d'autres activités.

Au-delà de la reconnaissance des objets symboliques, la question se pose de savoir comment l'enfant articule ces objets avec la réalité représentée, et plus précisément s'il peut inférer, à partir de la manipulation, des informations avec lesquelles il pourra agir dans le réel.

2.5.2 Les objets symboliques pour agir sur le réel

DeLoache (1987, 1995) et Liben (2001) ont travaillé sur la capacité d'enfants très jeunes, à acquérir des informations à partir d'objets symboliques. Pour DeLoache, qui s'est également intéressée aux bébés, « *un symbole est quelque chose que quelqu'un a délibérément choisi pour représenter quelque chose d'autre.* » ⁴² (DeLoache, 1987). La principale caractéristique des symboles est leur dualité : ils peuvent être vus pour eux-mêmes ou pour autre chose, précisément pour ce qu'ils représentent. Ils sont pourvoyeurs d'informations qui permettent d'aller bien au-delà de la réalité (cartes, photos, etc.) à laquelle l'individu a immédiatement accès. L'utilisation, dès le plus jeune âge, des représentations symboliques comme instruments s'avère nécessaire, compte tenu du nombre d'artefacts de la vie moderne impliquant des symboles.

⁴² « *A symbol is something that someone intends to stand for something other than itself.* »

DeLoache a montré que les enfants mêmes très jeunes étaient capables, sous certaines conditions, de considérer un objet pour sa fonction symbolique. Elle a réalisé une démonstration de cette habileté, en présentant à deux groupes d'enfants âgés de 30 et 36 mois un petit jouet caché dans une pièce en modèle réduit, puis en leur demandant ensuite de trouver l'objet dans une pièce, version taille réelle du modèle réduit. Selon l'appartenance des enfants à l'un ou l'autre groupe d'âge, de fortes différences dans leur capacité à utiliser le modèle réduit ont été notées. Les enfants de 3 ans trouvent l'objet caché sans erreur dans plus de 70% des essais, contre moins de 20% à 2 ½ ans. Pour DeLoache ce résultat n'est pas lié à une incompréhension de la situation ou à une incapacité à se souvenir de la démonstration faite avec le modèle miniature, puisque les deux groupes d'enfants sont capables de rappeler correctement l'endroit où était caché l'objet miniature dans le modèle. Selon elle, l'écart observé entre les deux groupes d'âge semble plutôt dû à l'incapacité des plus jeunes à utiliser le modèle réduit pour inférer la localisation de l'objet dans la grande pièce.

Pour tenter de comprendre la difficulté des enfants de 2 ½ ans, DeLoache a renouvelé l'expérience avec des enfants de cet âge, ainsi qu'avec des enfants de 2 ans, en remplaçant la maquette par des dessins ou des photographies de la grande pièce. Les enfants qui avaient échoué avec le modèle réduit ont alors réussi. Pour expliquer cette différence, l'auteure suggère que l'origine de la difficulté des enfants de 2 ½ ans à utiliser les modèles réduits, vient d'un conflit entre le fait de les percevoir comme des objets intéressants en eux-mêmes et le fait de les percevoir comme des représentations d'un autre objet. L'auteur s'appuie sur le fait que les enfants ayant joué au préalable avec le modèle réduit ont, par la suite, moins réussi à l'utiliser pour trouver les objets cachés, l'activité ludique les ayant amenés à considérer davantage le modèle comme un objet en lui-même. Pour s'assurer de cette interprétation, DeLoache a réitéré l'expérience avec la maquette en empêchant cette fois-ci les enfants les plus jeunes de jouer avec, à l'aide d'une vitre placée entre eux et le modèle réduit. Les résultats ont montré des réussites plus précoces.

Les expériences réalisées par DeLoache sont intéressantes dans la mesure où elles montrent d'une part la capacité des enfants en bas âge à mettre en relation des symboles et leur référent, et d'autre part, pour ce qui est des plus jeunes, la difficulté d'une représentation d'un même objet pour lui-même et pour sa fonction symbolique. Comme le rappelle Siegler (2000), les représentations symboliques, comme les plans, les modèles réduits et les images sont des instruments très utiles dans la résolution de problèmes. Pour ce dernier, les travaux de DeLoache permettent également de comprendre pourquoi les images et les photographies peuvent être utilisées avant les modèles réduits comme

moyens permettant de résoudre des problèmes : étant donné que ces instruments symboliques ne sont pas très intéressants en tant qu'objet, le conflit ne se produit pas.

Les expériences réalisées par cette auteure, sont intéressantes pour notre recherche, dans la mesure où elles portent sur de très jeunes enfants en prise avec des objets symboliques. Cependant, les objets utilisés ne sont ni virtuels - puisqu'ils ont une existence physique - ni animés.

2.6 Exemples de recherches sur l'articulation réel/virtuel

Dans les activités de simulation informatique en sciences, telles que nous les envisageons, les objets ne sont pas statiques, ils rendent compte de processus dynamiques. Leur compréhension suppose également de la part des utilisateurs, une mise en correspondance entre virtuel et réel.

2.6.1 Dans le cadre d'activités de simulation

Un certain nombre de recherches ont porté sur le rôle de l'informatique dans la compréhension de phénomènes scientifiques, en posant la question de la place des logiciels par rapport aux expériences réelles (Bodur & Guichard, 2006 ; Guichard, Lechaudel & Mangeot ; Guichard & Lechaudel, 2005 ; Smyrniou, 2003 ; Smyrniou, Ferret & Weil-Barais, 2003 ; Vivet, 2000 ; Nonnon, 1998). Les recherches réalisées l'ont été dans différents contextes : scolaire, muséal et même industriel, avec des sujets d'âges variés : élèves de l'école élémentaire âgés à partir de 7 ans, collégiens, lycéens ainsi qu'adultes en formation. Ces recherches ont porté sur l'appréhension de différents phénomènes scientifiques ou processus technologiques. Les méthodologies retenues dans les études sont sensiblement identiques et consistent à faire réaliser aux sujets une même expérience, à l'aide d'un logiciel puis à l'aide d'objets réels. Sur la base de grilles d'observations et d'entretiens, il s'agit de déterminer le type de manipulation le plus favorable à la compréhension du phénomène cible. Selon les recherches, certaines variables comme l'ordre des manipulations, l'origine socioculturelle des sujets, le logiciel employé, ou encore le type de représentations présentées à l'écran (dessin, schémas, photographies), ont été étudiées du point de vue de leur impact.

L'ensemble des résultats tend à montrer que la réalisation d'expériences avec un logiciel est complémentaire de la réalisation d'expériences dites réelles, mais ne saurait être suffisante. Le tâtonnement sur le réel est le plus efficace du point de vue de la compréhension. L'animation virtuelle ne pouvant s'y substituer, elle permet au mieux de l'enrichir en tant qu'outil d'accompagnement. Outre ces résultats d'ensemble sur la place du virtuel dans la

compréhension des phénomènes scientifiques, la recherche menée par Guichard et Lechaudel (2005) nous apporte des données intéressantes du point de vue de deux variables : le regard porté par l'enfant sur la manipulation virtuelle compte tenu de sa familiarité avec l'ordinateur et l'impact du type d'images représenté à l'écran. Cette recherche, qui a porté sur plus d'une centaine d'élèves âgés de 7 à 9 ans, visait à leur faire réaliser deux expériences de manipulation d'objets (aimants et balle soumise à une soufflerie) tantôt par manipulation, tantôt par simulation informatique. Les résultats montrent par ailleurs que les enfants ne possédant pas d'ordinateur sont fortement attirés par la manipulation virtuelle, tout en attribuant une aide importante à la manipulation réelle en terme de compréhension, notamment lorsque l'objet d'étude leur est peu familier. Concernant le second point, les résultats montrent que les enfants éprouvent des difficultés à faire le parallèle entre la manipulation virtuelle et la manipulation réelle, si les objets représentés à l'écran ne ressemblent pas exactement à ceux rencontrés dans la réalité. Ce second résultat renvoie au problème de la lecture d'images par les enfants, problème central dans une simulation informatique impliquant l'utilisation d'images, et qui conditionne par conséquent la conception des logiciels de simulation destinés aux enfants, du point de vue du type d'image utilisée. Un autre point intéressant relativement à cette expérience, concerne le pouvoir de l'image sur les enfants et ce, quelle que soit leur familiarité avec l'ordinateur. Visiblement, la croyance des enfants en l'image est telle qu'un certain nombre d'entre eux sont prêts à remettre en cause les expériences réalisées avec les "vrais" objets.

Les différentes expériences citées nous conduisent à faire plusieurs remarques. La première, la plus importante, est que dans toutes ces expériences, les sujets étaient totalement autonomes face à l'ordinateur et donc non accompagnés durant leur utilisation du logiciel, si ce n'est pour prendre en main l'interface. Or, comme nous l'avons vu - et les résultats de l'expérience précédemment évoquée le prouvent - le besoin d'explicitation est nécessaire en vue d'établir et de préciser le lien entre la simulation et la réalité. S'agissant de notre recherche, les enfants ne sont pas seuls au cours de l'utilisation du simulateur, puisqu'ils le découvrent aux côtés d'un adulte. Ce facteur, qui est un des points essentiels de notre recherche, est comme nous le verrons, à la fois un choix et une nécessité. Un autre point de distinction avec ces recherches se situe au niveau de l'âge des sujets observés, aucune de ces expériences ne portant sur des enfants d'âge pré-scolaire. Nous n'avons pas noté de travaux portant sur la simulation informatique et impliquant de jeunes sujets dans le rôle des utilisateurs.

2.6.2 Dans le cadre d'activités indépendantes

Dans le domaine de la robotique pédagogique, nous nous sommes intéressés aux recherches réalisées par Greff (1999b, 2000) visant à évaluer les bénéfices sur les premiers ap-

prentissages, d'activités avec objet réel et d'activités avec objet symbolique. L'auteur a comparé la réussite d'élèves de classes maternelles âgés de 5 ans à des séries d'exercices identiques, réalisées pour certains à l'aide d'un robot de plancher bien réel, et pour d'autres à l'aide de la représentation de ce robot sur écran d'ordinateur. La question est de déterminer l'environnement, ordinateur ou robot de plancher, le plus favorable à la réussite d'activités relatives à la construction du nombre, l'estimation de grandeurs ou le repérage dans le plan. Les résultats obtenus montrent que, selon l'activité proposée, le travail sur objet réel ou sur objet symbolique se montre plus bénéfique. Aucun des deux environnements ne semble être plus favorable que l'autre dans l'absolu.

Ces résultats amènent Greff à proposer que le caractère virtuel d'un instrument, vis-à-vis de la perception que peut en avoir un enfant en bas âge, ne doit pas être envisagé sous l'angle du rapport réel/virtuel, au sens objet physique/objet symbolique, mais en fonction de l'écart entre cet instrument et la "réalité physique" de l'enfant ⁴³ : « *Il nous apparaît donc que la part du réel et du virtuel n'est pas directement liée au média utilisé mais doit se mesurer en fonction de l'écart de ce média à la réalité physique de l'apprenant. Serait donc virtuel, pour l'enfant de cinq ans, ce qui est éloigné de sa réalité physique et pas forcément l'image de l'objet sur un écran par rapport à l'objet réel.* » ⁴⁴ (Greff, 1999b, p. 14). Pour l'auteur, lorsque l'on utilise des objets avec de jeunes enfants, la question se pose donc moins en terme de matérialité de l'objet, que de proximité de cet objet avec leur environnement physique.

La question soulevée dans cette recherche, diffère quelque peu de nos préoccupations, dans la mesure où elle ne porte pas sur l'articulation réel/virtuel, mais sur la capacité des enfants à travailler dans l'un ou l'autre des environnements. Il aurait été intéressant pour nous, de savoir si les enfants étaient capables de mettre en œuvre des procédures acquises *via* la manipulation du robot d'écran, pour agir ensuite sur le robot de plancher. Cela étant, les constats réalisés sont intéressants et rejoignent ceux de DeLoache : les enfants en bas âge semblent tout à fait en mesure d'utiliser et de manipuler les objets symboliques et d'engager une réflexion vis-à-vis de ces objets.

⁴³ Nous interprétons la "réalité physique" comme étant l'environnement physique immédiat de l'enfant sur lequel il est en mesure d'agir.

⁴⁴ « *So it seems that the "concept" of real and virtual is not directly linked with the medium used but has to be evaluated with regard to the gap between this medium and the learner's reality. What is virtual, for a five-year-old child, is what is far from his physical reality and not compulsorily the picture of the object on the screen with regard to the real object.* »

2.7 Conclusion du chapitre

Dans le cadre de l'initiation des élèves d'âge préscolaire aux sciences et aux techniques, l'informatique est peu présente, et ce quels que soient les usages qu'il est possible d'en faire. Concernant plus précisément la simulation, nous n'avons pas trouvé trace d'activités proposées à de très jeunes enfants ni même de travaux de recherches, où l'ordinateur serait utilisé à de telles fins. La masse très importante de recherches portant sur la simulation et la modélisation informatique en sciences, est principalement l'œuvre de didacticiens centrés sur leur discipline, et concerne par conséquent les enseignements du second degré destinés à des sujets plus âgés. Cela étant, ces travaux ont attiré notre attention sur la nécessité d'explicitier et de préciser le lien entre modèle simulé et réalité, faute de quoi l'articulation entre les deux "mondes" demeurerait ambiguë. Quelques recherches ponctuelles portant sur des élèves plus jeunes insistent également sur ce point, mais aussi sur la nécessité de prendre en compte le type d'image utilisé pour représenter le réel. Concernant l'appropriation et la manipulation des objets symboliques, opérations nécessaires dans le cadre d'une activité de simulation, différentes recherches en psychologie de l'enfant et en robotique pédagogique, nous montrent qu'elles sont accessibles y compris pour des sujets très jeunes.

Chapitre 3 - De la nécessité d'une médiation humaine et d'une approche instrumentale : vers le modèle du *carré médiatique*

Résumé du chapitre

Ce chapitre fait état d'une double réflexion. La première, qui s'appuie sur les travaux de Vygotski et de Bruner, ainsi que sur les différentes recherches ayant eu lieu à la *Cité des enfants*, pose la présence de l'adulte comme une nécessité auprès de l'enfant qui manipule un dispositif médiatique. La seconde réflexion, s'appuyant sur l'approche instrumentale de Rabardel, conduit à dissocier le dispositif en tant qu'instrument, du dispositif en tant que médiateur d'un contenu de savoir. Sur cette base, nous proposerons un modèle, le *carré médiatique*, qui rend compte des caractéristiques de l'interaction qui se joue entre les quatre composantes de la situation médiatique : l'enfant, l'adulte, l'instrument et le savoir.

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord nous centrer sur le contexte de la recherche - une exposition scientifique pour enfants - et aux éléments d'expositions qui la constituent, en nous intéressant notamment à leurs impacts sur le visiteur. Comme le rappelle Guichard (2000, p. 86), la démarche de celui-ci repose sur les interactions avec les éléments, mais aussi avec les autres visiteurs. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'il s'agit d'enfants en bas âge qui visitent toujours l'exposition en compagnie d'adultes. Les situations de découverte et d'éveil aux sciences proposées dans les expositions s'inscrivent dans une conception socioconstructiviste de l'apprentissage : elles visent à privilégier les aspects cognitifs, favorisés par les dispositifs et par la médiation humaine.

Ces situations spécifiques sont issues des concepts proposés par Vygotski, notamment le concept de médiation. Le rôle de l'adulte est actif, il n'est pas simple spectateur même bienveillant, ni simple organisateur de la tâche, ni uniquement guide, il est co-auteur dans cette situation qui, pour être opérationnelle, doit être asymétrique. Dans le domaine des technologies éducatives, Linard (1996) a également insisté sur le rôle de l'adulte dans sa relation de tutelle avec l'enfant. Cette situation s'inscrit dans l'espace créé par la zone proximale de développement dont nous préciserons les caractéristiques. Nous présenterons quelques recherches portant sur les conduites des parents à la *Cité des enfants* afin d'en connaître les caractéristiques principales.

Afin de caractériser les situations d'interactions dans l'exposition, nous proposons d'appréhender les dispositifs médiatiques selon l'approche instrumentale proposée par Rabardel, afin de distinguer le dispositif du contenu de savoir qu'il médiatise.

Sur la base de cette double réflexion, portant sur la médiation sociale et la médiation instrumentale, nous proposerons le concept de *carré médiatique* qui va nous permettre de caractériser les relations d'interaction se jouant au cours de l'activité entre les quatre éléments de la situation médiatique : l'enfant, le tuteur, le savoir et l'instrument.

3.2 Les expositions scientifiques interactives pour enfants

Les expositions scientifiques interactives, telles qu'elles sont proposées à la *Cité des sciences et de l'industrie*, et qui sont aujourd'hui largement répandues, répondent à une conception relativement récente de la muséologie. A la fin des années 1960, trois institutions d'un genre nouveau ouvrent leurs portes en Amérique du Nord, l'*Exploratorium* et le *Lawrence Hall of Science* de San Francisco aux Etats-Unis et l'*Ontario Science Centre* de Toronto au Canada.

3.2.1 Des expositions d'un genre nouveau

La principale innovation consiste dans le fait que ces nouveaux musées sollicitent la participation active du visiteur, l'interactivité en est le concept central. Sur ces modèles, d'autres centres de sciences voient le jour à travers le monde, et notamment la *Cité des sciences et de l'industrie* en 1986 ⁴⁵, au nord du parc de la Villette à Paris. Le rapport Lévy de 1979 (Lévy, 1984) exprimant le projet des fondateurs de la *Cité des sciences*, met en avant la nécessité de trouver des formes de médiation (« voir, toucher, comprendre, ») adaptées pour transmettre « *l'aventure passionnante de l'homme avec les sciences et l'industrie* ». Outre un mode d'approche nouveau proposé au visiteur, ces établissements n'ont pas la même vocation que celle des musées dits "traditionnels". Le centre de sciences est en effet dédié, non pas à la conservation de collections d'objets, mais à la présentation interactive de la science moderne et de ses applications. « *Ce n'est pas un lieu de mémoire, comme le sont les musées de conservation. Sa mission est de favoriser l'appropriation des savoirs, d'encourager le débat grâce à une dynamique du questionnement. Elle est également de socialiser, en créant les conditions physiques de rencontre et d'échange.* » (Delacôte, 1997, p. 96)

⁴⁵ D'autres centres de sciences ouvriront également en 1986, par exemple en Grande-Bretagne à Bristol, Cardiff (Techniquet), Liverpool et South Kensington.

C'est pourquoi même si ces établissements peuvent être désignés sous le terme générique de "musée", en référence à la définition officielle énoncée par l'*International Council of Museums* (ICOM), nous lui préférons ⁴⁶ celui de "centre de sciences" qui relève du musée-action plutôt que du musée-mémoire (Schiele, 1997), évoquant une muséologie de l'interactivité plus qu'une muséologie de l'objet (Caro, 1993).

3.2.2 Une muséologie de l'interactivité et de l'interaction

Les centres de sciences proposent aux visiteurs des espaces d'exposition, lieu de découverte et d'investigation, où ils vont être sollicités de manière active. Les expositions peuvent être de nature très variée suivant les différents critères arrêtés au moment de leur conception : le thème développé, l'âge du public visé, la scénographie, le type de médias utilisés, etc. Giordan (1998a) considère ces expositions comme appartenant à la troisième génération des musées, génération qui s'inscrit dans une tradition reposant sur l'approche constructiviste, la plus récente dans la tradition des conceptions de musées. La première d'entre elles, la plus ancienne, correspond à l'idée d'une transmission frontale des connaissances et repose sur une relation linéaire entre l'élément muséologique et le visiteur. La deuxième tradition s'appuie sur le paradigme behavioriste et repose sur un fonctionnement de type stimulus-réponse se traduisant par des dispositifs muséologiques du type "presse-bouton". C'est avec le développement des techno-sciences, dans les années 1980, que le statut du visiteur a changé, la médiation du musée visant à rapprocher la science du public plus que le public de la science, comme c'était le cas jusque-là. En d'autres termes, « *le musée se recompose autour du visiteur* » (Schiele, 1997, p. 19).

Pour Delacôte (1996), le moyen par excellence de la réussite de cette médiation est l'interaction. Les expositions interactives de la troisième génération se sont développées en empruntant aux différentes variantes du courant constructiviste. De l'assimilation et accommodation (Piaget, 1967), aux coactions (Doise, 1975), à l'association des idées (Bruner, 1986) et aux interactions, les expositions des dernières décennies prennent également en compte les apports des sciences cognitives et de la médiation par l'instrument psychologique (Vygotski, 1934/1997). En s'appuyant sur ces différents apports, Delacôte (1996), apporte les réponses les plus récentes aux questions sur l'effet de l'explosion des savoirs, sur la révolution de l'interactivité, la révolution cognitive des techniques, celle des apprenants, etc.

⁴⁶ Toutefois, pour des raisons évidentes de facilité rédactionnelle, nous ferons usage de manière indistincte des termes "musées de sciences" et "centre de sciences", même s'ils renvoient effectivement à deux conceptions différentes de la muséologie.

La plupart des centres et musées de sciences ont aujourd'hui élargi leur offre en ouvrant leurs portes à un nouveau public, celui des enfants. Considérant les besoins spécifiques des jeunes visiteurs et la nécessité de les ouvrir sur le monde au même titre que les adultes, des expositions ont été spécialement conçues pour eux. S'appuyant sur un environnement interactif dans lequel le plaisir est associé à la découverte active et la compréhension des sciences et des techniques, l'un des objectifs essentiels est de rendre les enfants curieux du monde qui les environne. Aujourd'hui ces expositions sont nombreuses et présentes dans le monde entier : *Museum of Science* de Boston, *Children's Museum* de Boston, *Ontario Science Centre* de Toronto, *Exploratorium* de San Francisco, *Science Museum* de Londres, *The National Science Museum* de Tokyo, *Papalote Museum* de Mexico, *Maloka Ciencia + Tecnologia Interactiva* de Colombie, *Singapore Science Centre* de Singapour, *Deutsches Museum* de Munich, *Technopolis* à Mechelen en Belgique, *Experimentarium* à Copenhague au Danemark, le *Palais de la Découverte* à Paris, la *Cité des enfants* à la *Cité des sciences et de l'industrie*, etc.

3.3 La *Cité des enfants*, une offre muséologique innovante

En 1992, s'ouvre à la *Cité des sciences et de l'industrie* un ensemble d'expositions pour enfants : la *Cité des enfants*. Constituée de deux expositions permanentes généralistes pour la tranche 3/5 ans et pour la tranche 5/12 ans, ainsi que d'une exposition temporaire thématique (les emballages, l'électricité, le corps humain, l'ombre et la lumière, etc.) également destinée à la tranche 5/12 ans, la *Cité des enfants* propose aux jeunes visiteurs et aux adultes qui les accompagnent une grande variété de manipulations interactives. Considérées comme innovantes en matière de muséologie scientifique pour enfants, ces expositions ont été répliquées de manière plus ou moins complète à de nombreux exemplaires dans le monde entier : *La città dei Bambini* de Gênes, *Le Vaisseau* de Strasbourg, *Le Pass* à Frameries (près de Mons) en Belgique, *Eureka ! The Museum for Children* à Halifax en Grande Bretagne, *Espacio Ciencia du LATU* à Montévidéo (Uruguay), *Planet Discovery* à Beyrouth, *Museo de Las Ciencias « Principe Felipe »* à Valencia, *Museo Tecnológico de la CFE* en Mexique, *Le parc des expositions* à Moscou, *Kindercity* à Zurich, *Science Museum* à Osaka, *South African Museum* de Cape Town, *Hong Kong Science Museum*, etc.

Dans les documents fondateurs de la *Cité des enfants*, les concepteurs annoncent : « L'objectif premier de la *Cité des enfants* est de faire participer les enfants à la construction de leur savoir en éveillant leur curiosité et leur intérêt pour les sciences et les techniques, dans le cadre d'une situation active. » (Département *Cité des enfants*, 1989). Pour les parents visiteurs, la *Cité des enfants* est souvent considérée comme un lieu où « l'on

apprend en s'amusant » (Chaumier, Casanova & Habib, 1995). Mais au-delà des intentions des concepteurs ou du ressenti des visiteurs, il nous semble nécessaire de préciser les spécificités d'un tel lieu au plan de l'apprentissage, en nous intéressant notamment aux travaux réalisés dans le champ de la médiatique des sciences. Nous allons pour cela nous appuyer sur ceux de Guichard (1990, 2000) qui a largement étudié la question des processus de transmission et d'appropriation des connaissances scientifiques, via les expositions et plus globalement *via* les médias de vulgarisation scientifiques.

3.3.1 Un lieu d'apprentissage particulier

Pour de nombreux auteurs, les institutions muséales à caractère scientifique et technique sont à considérer comme des lieux d'apprentissage, compléments de l'éducation formelle dispensée par l'institution scolaire dont elles sont aujourd'hui un partenaire privilégié (Allard, 1993 ; Delacôte, 1997 ; Fortin-Debart, 2004 ; Giordan, 1998b ; Girault, 2000, 2003 ; Guichard & Martinand, 2000). Certains voient même l'espace muséal comme un lieu d'éducation formelle à part entière : « *Considéré jusqu'à présent comme un lieu d'éducation informelle, le musée peut, sans renier sa fonction traditionnelle, devenir au surplus, à titre de partenaire de l'école, un lieu d'éducation formelle. Il peut élargir la portée de son rôle et contribuer au renouvellement de l'éducation. Le musée ne doit ni copier, ni limiter les approches pédagogiques dites scolaires, mais développer les siennes propres.* » (Allard, Larouche, Lefebvre et al., 1995). Différents auteurs ont mis en avant les bénéfices pour les élèves de la rencontre entre ces deux mondes qui, lorsqu'elle est anticipée, a un effet largement positif aux plans cognitif, culturel mais aussi affectif et social (Abroughi & Clément, 1996 ; Cohen, 2001 ; Coquidé-Cantor & Giordan, 1997 ; Guichard & Guichard, 1997 ; Noé, 2003 ; Royon et al., 1999). Ainsi pour Guichard (1999), l'impact cognitif des manipulations est réel, puisqu'au cours de la visite, l'enfant en interaction avec l'environnement matériel et humain, développe des attitudes faisant appel à la curiosité, au questionnement, à l'observation, au tâtonnement expérimental, démarches qui ne sont autres que celles prescrites par les programmes scolaires pour les sciences et les techniques.

Dans les travaux précédemment cités, les constats réalisés font suite à des visites effectuées dans un cadre de sortie scolaire s'inscrivant dans un projet pédagogique, des activités hors visite étant menées avec les élèves. Ainsi, comme l'a montré Clément (1995), c'est dans ce type de visite, scolaire avec activités avant et après visite, que l'exposition a le plus de retombées en terme d'apprentissages. Pour Jonnaert (1996), tout contrat didactique comprend deux dimensions temporelles : une échelle de temps courte, qui est le temps d'une relation didactique et une échelle temporelle longue qui est celui du développement des connaissances. Vivet (1991, p. 149), qui s'est également interrogé sur les

conditions d'un apprentissage réel à partir d'une visite au musée, fait l'hypothèse que « *le musée joue avant tout un rôle de déclencheur pour inciter à un travail plus approfondi ailleurs. Il est là pour motiver, donner des idées, créer les conditions d'une meilleure acceptabilité des connaissances complexes* ». Pour lui, un lieu comme la *Cité des sciences* semble avoir une fonction, non pas d'apprentissage, mais limitée à assurer un "départ des apprentissages", le passage de "montrer" à "apprendre" étant en jeu. Par ailleurs, il relève une limitation liée aux conditions de visite et notamment aux contraintes temporelles qui imposent des manipulations de courtes durées : outre un certain sentiment de frustration ressenti par le visiteur, l'exploration des dispositifs est souvent incomplète. Pour Vivet, la question des apprentissages trouve sa réponse dans le double aspect du musée : le musée "pôle de loisirs" où l'on vient en famille le dimanche et le musée "pôle ressource" où l'on vient en liaison avec un investissement personnel lié à la formation.

Au-delà du cadre dans lequel s'effectue la visite d'une exposition, scolaire ou de loisirs, nous pensons que ce sont essentiellement les intentions initiales des visiteurs qui vont fixer les termes du rapport qu'ils vont entretenir avec le savoir véhiculé et par conséquent conditionner la mise en place d'un état de réceptivité cognitive, en d'autres termes, un désir d'apprendre. Comme l'indique Charlot (1997), « *le concept de rapport au savoir implique celui de désir : il n'y a rapport au savoir que d'un sujet et il n'y a de sujet que désirant.* » C'est d'ailleurs pourquoi l'intégration de la visite de l'exposition dans un projet pédagogique est souvent plus efficace en termes d'apprentissages qu'une sortie effectuée dans un cadre de loisirs, car elle modifie le rapport au savoir de l'élève, notamment en raison du contrat didactique implicite qui le lie à l'enseignant lors de la visite. Pour Guichard, qui a développé le concept de médiatique des sciences ⁴⁷ (2000), c'est en ces termes que la question des apprentissages doit être posée dans le cadre médiatique et non au travers d'une comparaison trop systématique aux apprentissages scolaires, souvent envisagés dans une approche réductrice limitée à l'accumulation de contenus intellectuels. Cette tendance à considérer les apprentissages uniquement en référence aux exigences scolaires est, comme nous l'avons déjà signalé, naturelle tant « *apprendre est irrémédiablement associé, dans notre inconscient, à l'école.* » (Giordan, 1998, p. 10) Mais l'acte d'apprendre est un processus complexe qui se réalise sous des formes très variées (Giordan, 1999), notamment dans un lieu tel une exposition scientifique, média en trois dimensions que les

⁴⁷ La médiatique des sciences caractérise l'usage de l'ensemble des médias (appelé également champ médiatique) de vulgarisation scientifique : architecture, manipulations interactives, objets, maquettes, images, textes, panneaux, audiovisuels, logiciels, multimédias, livres et documents de vulgarisation associés aux expositions, etc.

visiteurs parcourent physiquement et intellectuellement, seuls ou à plusieurs, pour y vivre des situations qui vont déclencher des investigations multi sensorielles parfois implicites.

Dans le cadre médiatique, la question du rapport au savoir engage une réflexion sur la transposition et l'impact médiatiques.

3.3.2 Le concept de transposition médiatique

Chevallard, qui a développé le concept de transposition didactique dans le cadre des situations d'enseignement traditionnel, comme étant « *le passage du savoir savant au savoir enseigné* » (Chevallard, 1985), l'a élargi à la transposition institutionnelle en envisageant le passage du savoir savant vers d'autres contextes que l'école et celui des institutions, dont celles de vulgarisation (Chevallard, 1991). Mais le savoir n'est pas seul en jeu. La transposition médiatique, par rapport à la transposition didactique, implique une recherche de motivation et de séduction, en dehors de la transmission des connaissances, en créant un rapport au savoir positif lors de l'usage du média. Au-delà de la signification du dispositif médiatique, il s'agit de provoquer du plaisir, de l'émotion, mobiliser, mettre en mouvement un usager qui lui trouve de la valeur. Pour Guichard (2000, p. 196), « *cet aspect de la question est fondamental en médiatique, où il faut d'abord capter l'intérêt de son public en déclenchant son désir.* »

Par ailleurs, une autre caractéristique de la transposition médiatique est qu'il n'y a pas d'interaction directe entre les usagers et le concepteur du dispositif médiatique⁴⁸. Barthelemy et Pouts-Lajus (1990) ont proposé une caractérisation de l'interactivité relativement aux dispositifs médiatiques. Pour les deux auteurs, ces dispositifs possèdent une double composante d'interactivité : une interactivité fonctionnelle qui concerne exclusivement la communication homme/machine et une interactivité intentionnelle proche de l'interaction, qui tente de rendre compte du dialogue s'installant à travers la médiation technologique entre un utilisateur présent et un concepteur absent. Le dispositif médiatique peut donc être considéré comme un dispositif de communication asynchrone et à distance entre l'auteur/émetteur et l'usager/récepteur. Cette séparation à la fois temporelle et physique entre le médiateur du savoir et le récepteur, fait qu'il n'y a pas de régulation possible du premier sur l'activité du second, comme cela se produit en classe entre l'enseignant et les élèves (adaptation du discours, de l'activité, reformulation). De plus, tout passant finalement par l'objet technique, seul pourvoyeur de savoir, la maîtrise de celui-ci par l'usager va

⁴⁸ Le terme « dispositif médiatique » est ici employé au sens de « dispositif de communication éducative médiatisée », et non dans le sens plus large de « média de vulgarisation scientifique » donné par Guichard.

avoir une forte incidence sur la construction du sens. Nous reviendrons en détail sur ce point essentiel, lorsque nous présenterons le concept de carré médiatique.

3.3.3 Le concept d'impact médiatique

Comme nous l'avons vu, en référence aux travaux de Guichard (2000), la caractéristique principale de l'usage médiatique conduit à un rapport au savoir qui ne permet pas d'isoler les acquis intellectuels (comprendre, analyser...), des actions physiques et intellectuelles (jouer, agir, sélectionner...) et de la dimension socio-affective (choisir, ressentir, être ému, curieux...). C'est pourquoi en vue d'évaluer les effets des dispositifs médiatiques, Guichard (1990) préfère utiliser le concept d'impact médiatique qui prend en compte les spécificités de l'environnement muséologique, plutôt que celui d'objectif. La notion d'objectif utilisée dans le cadre de l'éducation scolaire, s'inscrit dans une progression pédagogique basée sur un contrat didactique. Or ce contrat n'a pas cours dans une situation médiatique où le concepteur, pourvoyeur du savoir, n'est pas présent.

Guichard (1990, p. 172) a distingué un certain nombre d'impacts, qu'il a classé selon leur domaine d'action (voir Tableau 3-1).

Impacts d'ordre cognitif/contenus	Impacts d'ordre socio-affectif	Démarches induites
Perception d'une information Compréhension Mémorisation Analyse Image de la science Esprit critique	Sensibilité esthétique Contemplation Émotion Surprise, étonnement Curiosité Intérêt, attraction Satisfaction	Comportement d'orientation Stratégies et tactiques d'exploration Pouvoir de rétention du média Jeu, plaisir de l'action Action, utilisation des interfaces Questionnement Tâtonnement, recherche Lecture de textes Communication avec les autres

Tableau 3-1. Impacts recherchés pour les dispositifs médiatiques (d'après Guichard, 1990).

Initialement, Guichard a développé le concept d'impact médiatique en vue de procurer aux concepteurs d'expositions un outil d'aide à la décision : « *il permet d'anticiper les résultats des productions médiatiques et d'adapter les visées.* » (Guichard, 2000, p. 168). La détermination des impacts va ainsi permettre de fournir des éléments de jugement pour induire et argumenter les prises de décisions. Même si notre posture n'est pas celle d'un concepteur d'expositions, nous pensons que le concept d'impact médiatique développé par Gui-

chard peut fournir les bases d'une réflexion méthodologique, compte tenu des spécificités du contexte muséologique dans lequel s'inscrit notre recherche. Nous avons donc retenu ce concept en vue d'évaluer les effets de l'utilisation d'un dispositif de simulation auprès des jeunes enfants dans le cadre de leur visite d'une exposition scientifique. Nous allons nous centrer principalement sur les impacts d'ordre cognitif et sur les démarches induites. La difficulté essentielle réside alors dans l'évaluation des impacts du dispositif médiatique et dans la détermination des critères de mesures. Il est nécessaire pour cela de définir des observables, des indicateurs d'impacts opérationnels, que l'on va repérer à l'aide d'outils spécifiquement destinés à cet effet, empruntés à différents domaines de recherche : observation, test, entretien, etc. Guichard (1990, p. 183) a listé les instruments les plus appropriés, en fonction de l'impact à estimer (voir Tableau 3-2).

Estimation de l'impact médiatique	Outils utilisés
Analyse des effets	Check-list, observation, entretiens semi-directifs
Pouvoir d'attraction du média	Observation, comptages
Pouvoir de rétention du média	Mesure du temps passé devant le média ou une page du média
Impact global	Entretiens semi-directifs
Satisfaction des utilisateurs	Observations, entretien
Compréhension, mémorisation du discours	Pré- et post-tests
Modification de comportement	Approche comparative des attitudes face au média
Comparaison de différents éléments du média	Observation des comportements non verbaux, puis entretiens, « hit-parade » des éléments
Utilisation des interfaces	Observation sur poste
Comportement d'orientation dans le média	Observation sur poste
Stratégies et tactiques d'exploration du dispositif	Observation, puis entretien semi-directif

Tableau 3-2. Exemples d'outils d'estimation de l'impact médiatique (d'après Guichard, 1990)

Au cours de notre recherche, nous allons tenter d'appréhender la globalité du système média-usager y compris dans ses dimensions psychomotrices et psychologiques. Nous allons pour cela évaluer différents impacts que nous préciserons dans le Chapitre 4 consacré au dispositif médiatique sur lequel nous nous sommes appuyé.

3.4 L'interaction adulte/enfant en situation d'apprentissage

Comme nous l'avons vu, la particularité des multimédias interactifs est leur statut double, faisant l'objet de recherches à la fois dans le contexte muséal en tant que dispositif médiatique et dans le contexte scolaire en tant que technologie éducative. Lorsque ces dispositifs sont utilisés par des enfants dans une perspective d'apprentissage, un certain nombre d'auteurs apparentés à ces deux domaines de recherche, ont une réflexion convergente : la présence de l'adulte, dans son rôle de guide de l'activité de l'enfant, se pose comme une nécessité.

3.4.1 La nécessité d'une médiation humaine

Dans le domaine des technologies éducatives, différents auteurs ont proposé l'approche socioconstructiviste comme base de référence théorique (Jonassen, 1996 ; Linard, 1996). Dans son ouvrage *Des machines et des hommes*, Linard (ibid.) a largement insisté sur la dimension sociale de l'apprentissage qui, selon elle, reste déterminante en formation initiale ne serait-ce que pour soutenir la motivation, l'effort et la vigilance. L'auteur parle ainsi du « mythe de l'autogenèse cognitive », conception s'appuyant sur le présupposé, sous-jacent à de nombreuses technologies en éducation, qu'il est possible de fonder une autogenèse cognitive sur la seule relation technique. Or il n'est rien. Cette idée erronée selon laquelle l'apprenant, armé de sa motivation et de sa spontanéité, tirerait profit de son activité au plan cognitif dans le seul face à face avec la machine, explique par exemple en partie l'échec de LOGO. Son concepteur, Seymour Papert (1981), pensait initialement que LOGO devait justement aider à se passer des enseignants.

Plus généralement, Linard voit dans le « mythe de l'autogenèse cognitive », une des raisons de fond expliquant « le triste sort des innovations technologiques en éducation » : « *En surestimant l'efficacité de l'interaction avec les techniques de « miroir cognitif », les NTC poussent à une sous-estimation systématique de la relation sociale comme sortie de la tendance à la répétition, à l'ignorance qui s'ignore et bientôt à l'ennui. Elles oublient le rôle de « modélisation vicariante » (Bandura, 1980), d'étayage et de « tutorat » affectif et cognitif des conduites de l'enfant par l'adulte qui le poussent à « aller un peu plus loin », « au-delà de l'information donnée » (Bruner, 1983).* » (Linard, 1996, p. 114)

Dans un article intitulé "*L'utilisation des ordinateurs dans les jardins d'enfants, avec ou sans médiation adulte ; effets sur les performances cognitives et les comportements des*

enfants"⁴⁹ (Klein, Nir-Gal & Darom, 2000), les auteurs présentent une recherche ayant pour but d'examiner les effets différentiels au plan cognitif, de trois types d'interaction adulte avec des enfants de crèche utilisant des ordinateurs. Les types d'interaction adulte considérés étaient : la médiation, où l'adulte exerce un rôle de tuteur en aidant l'enfant à se concentrer, en l'encourageant, en régulant son activité, etc. ses interventions étant réalisées selon un discours pré-établi ; l'accompagnement, où l'adulte ne fait rien d'autre que de répondre aux questions de l'enfant ; et enfin le cas où l'adulte ne fournit aucune aide si ce n'est une assistance technique minimale en début d'activité. L'échantillon d'étude était constitué de cent cinquante enfants âgés de 5 à 6 ans. Chacun des trois groupes d'enfants était subdivisé en deux groupes selon le type d'activité logicielle pratiquée, jeu ou LOGO. Les enfants ayant bénéficié de la médiation adulte ont montré les plus hauts niveaux de performance sur une série de mesures avec des styles de réponse plus réfléchis en comparaison des enfants des deux autres groupes. Les auteurs en concluent que l'intégration de la médiation adulte dans les environnements d'apprentissages confrontant des jeunes enfants à des ordinateurs facilite leur utilisation et a des effets positifs sur les performances de l'enfant : « *En se basant sur les résultats de l'étude en cours, il peut être conclu que les enfants ayant interagi avec des adultes tuteurs experts, dans des environnements informatisés, ont obtenu des scores significativement plus élevés que les autres, dans les épreuves de mesure de la pensée abstraite, de l'anticipation, du vocabulaire, et de la coordination visio-motrice, ainsi que dans les épreuves de réceptivité, incluant les mesures de la pensée réfléchissante.* »⁵⁰ (Ibid., p. 602).

Une autre recherche très récente insiste sur le rôle de l'adulte auprès des enfants en bas âge durant les activités avec ordinateur : « *L'intérêt porte ici, non pas sur ce que les enfants peuvent apprendre au sujet des TIC (ce qui serait une chose simple à évaluer) mais sur la manière dont les interactions avec les adultes, peut améliorer l'apprentissage dans les activités médiées par ces technologies. La recherche montre que l'amélioration de l'apprentissage se traduit non seulement au travers des habiletés opératoires, mais également au travers de manifestations positives vis-à-vis de l'apprentissage, qui sont moins*

⁴⁹ "The use of computers in kindergarten, with or without adult mediation; effects on children's cognitive performance and behaviour"

⁵⁰ « *Based on the findings of the current study, it may be concluded that children interacting with adults trained to mediate in a computer environment, scored significantly higher than other children, on measures of abstract thinking, planning, vocabulary, and visuo-motor coordination, and on measures of responsiveness, including measures of reflective thinking.* »

mesurables, telles que la ténacité, l'engagement et le plaisir. » ⁵¹ (Plowman & Stephen, 2006, p. 9) Dans cette recherche, les auteurs ont listé toutes les formes d'intervention possibles de l'adulte, "*démontrer, amuser, expliquer, demander, diriger, donner l'exemple, écouter, suggérer, faire un retour, soutenir*" ⁵², de façon à s'adapter à l'activité de l'enfant pour mieux l'accompagner. Nous développerons la question de la conduite de l'adulte dans le paragraphe suivant.

Linard avance une autre raison expliquant pour partie l'échec du recours à la seule médiation technique en éducation. Celle qui consiste à croire que les apprenants forment un public homogène, en quelque sorte un élève type, qui agirait et réagirait de manière semblable face à la machine. En réalité différentes variables, telles le sexe ou le style cognitif, jouent un rôle clairement discriminant « *dans la capacité différentielle d'accès des individus à l'expertise, en les rendant inégalement sensibles ou résistants aux méthodes et contextes d'apprentissages offerts.* » (Linard, 1996, p. 115). La médiation humaine permet alors d'atténuer et de compenser les différences spontanées entre individus.

Les difficultés mises en avant par Linard dans le cadre de l'apprentissage avec les technologies éducatives se retrouvent dans le contexte d'une visite d'exposition scientifique : la plupart des dispositifs muséologiques, qu'il s'agisse d'interactifs multimédia ou non, sont avant tout des objets techniques et, par ailleurs, le public visitant l'exposition n'est pas formé d'un même visiteur type mais d'individus qui diffèrent par bien des aspects. Dans le contexte d'une visite d'exposition scientifique, où le jeune enfant est susceptible de se retrouver seul face aux dispositifs médiatiques, l'étayage par l'adulte des activités de celui-ci joue un rôle fondamental par rapport à des objectifs éducatifs de l'exposition. Guichard (2000) insiste sur ce point, faisant référence tout comme Linard (op. cit.) aux travaux désormais bien connus des psychologues qui ont mis en avant le rôle des interactions sociales comme fondement de l'apprentissage.

3.4.2 Le rôle de l'adulte

Vygotski (1934/1997) puis Bruner (1983) notamment, ont insisté sur l'importance primordiale de la médiation adulte dans l'apprentissage de l'enfant. Pour Vygotski, toutes les

⁵¹ « *The focus here is not on what children can learn about ICT (which would be a straightforward matter to assess) but on how interactions with adults can enhance learning in activities mediated by technologies. The research demonstrates that enhancing learning includes providing support not just for operational skills but also for less measurable positive dispositions towards learning such as persistence, engagement and pleasure.* »

⁵² "*demonstrating, enjoying, explaining, instructing, managing, modelling, monitoring, prompting, providing feedback, supporting*"

fonctions psychiques supérieures sont issues des rapports sociaux par transformation de processus interpersonnels en processus intrapersonnels. Il définit ce qu'il appelle une *zone proximale de développement*, délimitée par le niveau de résolution de problèmes d'un enfant seul (son niveau actuel) et le niveau qu'il peut atteindre lorsqu'il est aidé par un adulte expert : « *Cette disparité entre l'âge mental, ou niveau présent de développement, qui est déterminé à l'aide des problèmes résolus de manière autonome, et le niveau qu'atteint l'enfant lorsqu'il résout des problèmes non plus tout seul mais en collaboration détermine précisément la zone prochaine de développement.* » (op. cit. p. 351).

Bruner, à la suite de Vygotski, a opérationnalisé le concept de zone proximale de développement en mettant l'accent sur le rôle actif du médiateur. Il définit cette zone comme la « *distance entre le niveau de développement actuel tel qu'on peut le déterminer à travers la façon dont l'enfant résout des problèmes seul et le niveau de développement potentiel tel qu'on peut le déterminer à travers la façon dont l'enfant résout des problèmes lorsqu'il est assisté par l'adulte ou collabore avec des enfants plus avancés.* » (Bruner, 1983, p. 287). Pour Bruner, l'adulte agit comme un médiateur de la culture. Le développement de l'intelligence est intimement lié à la construction de comportements intentionnels, les intentions étant liées à la culture.

Par « l'interaction de tutelle » il définit quelques aspects de la médiation adulte dans l'apprentissage de l'enfant. Le rôle de l'adulte est actif, il n'est pas simple spectateur, ni simple organisateur de la tâche, ni uniquement guide, il est co-acteur dans cette situation qui, pour être opérationnelle, doit être asymétrique. Il définit la position « d'étayage » provisoire qui permet la progression de l'enfant. Dans cette relation, l'adulte pose des questions ouvertes, participe à l'activité, relance, protège aussi bien contre l'échec que contre la distraction prolongée, etc. Bruner (1983, p. 277) dresse la liste des formes diverses que peut prendre sur le terrain cette fonction globale de soutien :

- enrôlement du sujet dans la tâche (éveiller et maintenir l'intérêt),
- réduction de la difficulté (par exemple, suppression des obstacles),
- maintien de l'orientation par rapport à l'objectif principal ou aux objectifs intermédiaires (par exemple rappel du but, ou mise en évidence d'un sous but),
- signalisation des caractéristiques déterminantes (par exemple, en fournissant une information utile),
- contrôle de la frustration (par exemple, en donnant des évaluations ou des encouragements),
- démonstration (le tuteur reprend sous une forme stylisée une tentative de solution du sujet, dans le but de produire une exécution du même type chez le sujet).

Des études ultérieures sur les activités de tutelle ont mis en évidence un nombre plus important de catégories (questionnement, encouragement, consolidation, récapitulation, etc.). La caractéristique de ces travaux (Winnykamen, 1998) réside dans la coexistence des fonctions générales de tutorat (comme l'évaluation, le maintien de l'attention) et des fonctions spécifiques, directement liées à la nature du contenu de la tâche.

3.5 Les conduites des parents dans les expositions interactives scientifiques pour enfants

Les expositions pour enfants de la *Cité des sciences et de l'industrie* sont reconnues pour avoir, parmi les premières, proposé une approche interactive de la science aux enfants, même très jeunes. Elles accueillent chaque année plusieurs centaines de milliers de visiteurs et constituent donc à cet égard un terrain de recherche privilégié, qui a fait l'objet d'un grand nombre de travaux.

3.5.1 Les conduites des parents à la *Cité des enfants*

Depuis l'*Inventorium*, qui présida à la conception de l'actuelle *Cité des enfants* à la *Cité des sciences et de l'industrie*, de nombreuses études ont analysé le comportement des enfants devant les machines, seuls ou accompagnés d'adulte(s). Les résultats montrent que l'enfant livré à lui-même, sans adulte(s) à ses côtés, peut avoir plusieurs réactions. Il peut s'amuser avec la machine, il exerce alors une action sur celle-ci pendant un court instant sans y passer de temps pour comprendre son fonctionnement, mais il peut aussi prendre le temps de réfléchir sur les effets qui sont produits par son action sur la machine. Dans le cadre d'études basées uniquement sur des observations, sans entretien ou test après l'activité, il est difficile d'évaluer la compréhension de l'enfant. Le plus important est alors de savoir observer les différents phénomènes et changements, s'il y a lieu, qui vont être mis en évidence au travers de son activité sur les éléments d'exposition. Les enfants qui prennent le temps d'observer sont ceux qui sont en interaction avec l'adulte (Guichard, 1993 ; Chaumier, Casanova & Habib, 1995 ; Morice, 1997 ; Weil-Barais & Piani, 1993, 1995). Aussi dans l'exposition de la *Cité des enfants* qui s'adresse aux plus jeunes, les interactions adulte-enfant se présentent le plus souvent sous la forme d'une relation de tutelle (Ailincai & Weil-Barais, 2003). La visite étant la plupart du temps effectuée dans une perspective éducative, le comportement de tutelle dépend souvent de la conception des parents sur la pédagogie (Guichard, 1998).

La question est alors de savoir quelles sont les différentes formes prises par cette relation de tutelle. Ailincai, qui a réalisé un travail de fonds sur les interactions parent/enfant dans

l'exposition des "petits", dans le cadre de sa thèse de doctorat (Ailincal, 2005), a présenté une synthèse des études menées à la *Cité des enfants*, sur les relations entre les adultes accompagnateurs et les enfants lors de la visite. Ces études, qui visaient différents objectifs (caractérisation des interactions adulte-enfant dans l'exposition ; identification des types d'interventions humaines qui permettent aux enfants de progresser dans la compréhension des dispositifs muséologiques ; repérage des conditions de co-éducation et des situations de tutorat adulte-enfant) ont porté pour la plupart sur l'exposition des "grands" destinée aux enfants âgés de 5 à 12 ans (Weil-Barais & Piani, 1993, 1995 ; Chaumier, Casanova & Habib, 1995 ; Samuels-Pitzini & Cauzinille-Marmèche, 1996 ; Piani & Weil-Barais, 1998).

Ailincal a constaté que ces études mettaient en évidence une multitude de modes d'accompagnements, plus ou moins adaptés à la découverte des savoirs médiatisés dans l'exposition. De manière générale, les parents visiteurs ne se centrent pas spontanément sur les tâches et les situations. Concernant les actes de langage, les conceptualisations explicites des dispositifs ne sont axées que sur les actions et leurs effets. Ne disposant pas d'un modèle de la tâche qui leur permettrait d'ajuster leur action et leur médiation dans l'interaction avec l'enfant, les parents expliquent et aident les enfants intuitivement ou selon leur vision de la pédagogie (Ailincal, 2005, p. 37). Les consignes expliquant le fonctionnement des dispositifs, positionnées sur les éléments muséologiques, s'avèrent insuffisantes tout comme les panneaux intitulés « Parcours parents », déployés dans l'exposition et qui suggèrent des modèles de conduite. Ce constat, qu'elle a elle-même effectué à l'occasion d'une étude menée dans l'exposition des "petits" (Ailincal, 2001), a amené R. Ailincal à concevoir un dispositif de sensibilisation des parents à l'importance de leur rôle dans l'accompagnement des enfants dans la découverte. Dans la réalisation des objets muséologiques, alors que les concepteurs ont pris en compte le plus grand nombre de paramètres pour que la médiation envers l'enfant soit réussie et pour favoriser les interactions sociales (enfant-enfant, adulte-enfant), il n'a pas été prévu d'outils d'aide aux parents à l'accompagnement de l'enfant.

3.5.2 Les études sur l'exposition des 3/5 ans

Concernant l'espace d'exposition qui nous intéresse, celui destiné aux enfants âgés de 3 à 5 ans, peu de travaux s'y sont penchés. Le premier des deux que nous avons trouvé - une étude menée par l'*Observatoire des publics* de la *Cité des sciences* (*Département évaluation et prospective*, 1999) -, avait comme but l'évaluation de l'ensemble des éléments muséologiques de l'exposition :

- la visibilité de l'objectif de la machine par les visiteurs (objectif facilement ou difficilement repérable),

- leur utilisation par rapport à l'objectif initial, visé par les concepteurs – des actions pour atteindre l'objectif ou pour le contourner,
- l'adaptation de l'ergonomie des éléments aux enfants,
- la fréquence de l'utilisation de la « machine »,
- les différentes remarques des visiteurs au sujet de la manipulation pendant son utilisation.

Cette évaluation a contribué à l'amélioration de certains éléments muséologiques. Une autre étude menée en 1999, visait à accompagner le projet de renouvellement de la *Cité des enfants* et plus particulièrement l'espace des 3 à 5 ans (Romano, 1990). L'enquête, une des seules à privilégier l'espace des très jeunes enfants, apporte un éclairage à propos des visiteurs adultes accompagnant leur(s) enfant(s). Conformément à la demande des concepteurs responsables du renouvellement, cette étude a privilégié différents thèmes : les préférences des enfants et celles des parents, la pertinence de certains dispositifs du point de vue des parents ; le parcours ; un diagnostic sur l'accessibilité de l'exposition aux enfants de moins de 3 ans. Nous nous sommes surtout intéressé au chapitre présentant les interactions entre les visiteurs de la *Cité des enfants* et notamment les relations entre les personnes d'une même cellule familiale. Selon l'étude, l'adulte a un rôle de guide :

- il aide l'enfant à se diriger dans l'exposition,
- il l'aide à choisir les activités,
- il verbalise les instructions qui sont écrites et que l'enfant ne peut déchiffrer,
- il explique ce que l'enfant voit.

D'après l'auteur, ces conduites ont pour but de sécuriser l'enfant, de le soutenir et de le stimuler. Il souligne par ailleurs les rapports de force qui peuvent s'installer au sein de la cellule familiale lorsque, par exemple, un enfant peut vouloir faire une activité alors que l'adulte tente de l'orienter vers une autre ou encore lorsque ce dernier perd patience.

3.6 Le carré médiatique

Les recherches citées précédemment confirment toutes le rôle important joué par l'adulte auprès de l'enfant au cours de la visite. La démarche des enfants dans l'exposition repose donc sur une relation double, d'interaction avec les adultes et d'interactivité avec les dispositifs médiatiques. Ce fonctionnement est souvent symbolisé dans les études portant sur l'exposition, par un système ternaire qui délimite la situation d'apprentissage ou le contexte dans lequel sont mises en jeu les connaissances. Les études menées à la *Cité des en-*

fants, et notamment les recherches de Guichard, représentent la médiation par la Figure 3-1.

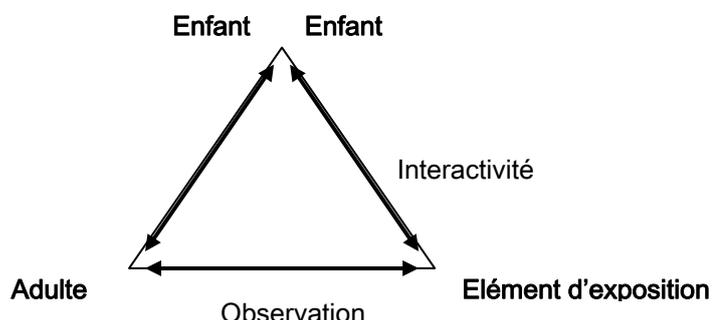


Figure 3-1. Modèle de situation d'interaction dans l'exposition (Guichard, 1998)

Cette représentation s'inspire des travaux de Houssaye dans le contexte scolaire et de son classique modèle du triangle pédagogique (voir Figure 3-2) mettant en scène le trio élève-savoir-enseignant dans la relation apprentissage-enseignement-formation (Houssaye, 1988).

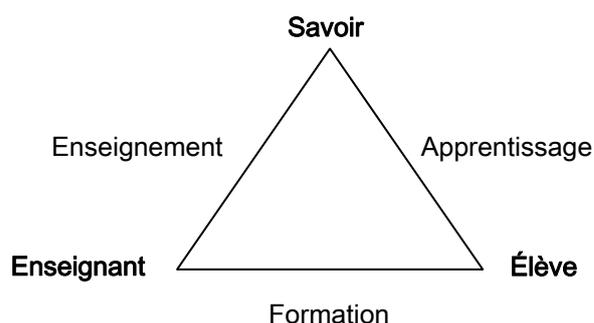


Figure 3-2. Le triangle pédagogique (Houssaye, 1988)

La Figure 3-2 nous semble devoir être complétée dans le cadre de notre recherche, pour rendre compte effectivement de l'ensemble de l'interaction ayant lieu, lorsqu'un enfant et l'adulte qui l'accompagne, se trouvent face à un élément d'exposition. Les utilisations qu'en font les visiteurs sont loin d'être identiques comme nous l'avons dit précédemment ; c'est pourquoi nous pensons qu'il est nécessaire de désolidariser l'élément d'exposition en tant qu'objet technique, de l'activité réalisée *via* cet objet, activité qui va conditionner l'accès au savoir médiatisé. Comme Guichard, nous considérons que « *le média est au croisement entre « savoirs », « techniques » et « publics ».* Il vulgarise un savoir, pour des publics, en utilisant des techniques qui lui sont spécifiques. » (Guichard, 2000, p. 12).

3.6.1 Une appropriation des objets techniques non immédiate

Les éléments d'exposition, qui ne sont autres que des objets techniques, portent en eux des contraintes matérielles qui les rendent non naturellement accessibles au public. Et c'est là une des principales difficultés rencontrée dans le champ de la « médiatique » des sciences, comme le précise Guichard au sujet des médias de vulgarisation : « *Il s'agit de rendre accessible à différents publics des savoirs spécifiques avec des moyens matériels dont il faut connaître et maîtriser les contraintes* » (Guichard, 2000, p. 3). Et ces contraintes sont d'autant plus nombreuses que ces éléments sont des dispositifs multimédia interactifs, systèmes complexes dont l'appropriation est loin d'être immédiate. Ainsi pour Duchâteau (1994, cité par Harrari, 2000, p. 59) l'outil informatique au singulier n'existe pas, car l'utilisateur est toujours face à un couple ordinateur-logiciel. Il est donc confronté à une multitude d'outils différents, aux caractéristiques et aux modalités d'utilisation qui leur sont propres, et qui ne sont pas sans conséquences en terme d'appropriation.

Pour Bruillard également (1998), l'emploi général du terme « outil informatique » n'a pas lieu d'être : « (...) *parler d'outil à propos des dispositifs logiciels revient à enlever une part de technicité ou de complexité, à ne pas tenir compte de l'aspect perception, à minimiser le processus d'interprétation du sujet, voire à nier une forme de création ou de récréation (qui peut être au moins partiellement de nature artistique) de l'usager dans les activités assistées par l'ordinateur.* » (Bruillard, 1998, p. 69) Pour ces auteurs, les dispositifs médiatiques sont donc des systèmes complexes dont le caractère « intuitif », si souvent mis en avant par leur(s) concepteur(s), est loin d'être une évidence. Car les interfaces, aussi conviviales soient-elles, ne permettent pas de développer les compétences nécessaires à leur utilisation : « *Faciliter la prise en main des logiciels ne confère pas à l'utilisateur les compétences pour mener des tâches complexes.* » (Bruillard, 1998, p. 72)

Or nous pensons que cette réflexion est généralisable à l'ensemble des dispositifs muséologiques, qu'ils soient logiciels ou non (maquettes, panneaux, etc.). Nous nous appuyons pour cela sur les travaux de Rabardel dans le domaine de l'ergonomie cognitive (Rabardel & Vérillon, 1985 ; Rabardel, 1993, 1995).

3.6.2 La distinction entre objet technique et instrument

Pour ce dernier, il faut rompre avec l'évidence d'une technologie neutre vis à vis de son environnement d'intégration et d'utilisation : « *Les objets et les systèmes techniques sont improprement nommés. Il vaudrait mieux parler d'objets ou de systèmes anthropotechniques, malgré l'inélégance du terme.* » (Rabardel, 1995) C'est pourquoi l'auteur a proposé le concept d'artefact, en tant qu'objet matériel ou symbolique fabriqué par l'homme, distinguant l'artefact de l'instrument. Pour lui, « *les instruments ne sont pas conceptuellement*

neutres, ils contiennent une « conception du monde » qui s'imposent peu ou prou à leurs utilisateurs, et influencent ainsi le développement de leurs compétences. » (Rabardel, 1995, p. 213) L'artefact constitue seulement une partie de l'instrument, sa partie neutre ou universelle. Cette partie est relativement indépendante de l'usage que fait un utilisateur de l'instrument, puisque l'artefact n'est pas le produit d'une création spontanée mais le résultat d'une activité finalisée au cours de laquelle le concepteur s'est imaginé l'utilisation qui allait être faite de l'instrument.

L'artefact comprend donc une fonction d'anticipation ajoutée, explicitement ou implicitement, par le concepteur. Et, de fait, on retrouve bien cette dimension en muséologie où les concepteurs imaginent *a priori* l'utilisation des éléments de présentation compte tenu des impacts qu'ils souhaitent viser. Mais l'objet technique en lui-même ne permet pas toujours de déterminer l'instrument, d'où des détournements possibles, que Rabardel nomme « *catéchèses* » c'est-à-dire des indicateurs désignant « *l'écart entre le prévu et le réel dans l'utilisation des artefacts* » (Rabardel, 1995). Là encore, la situation se retrouve dans le contexte muséal, comme le montre un exemple de Guichard (2000, p. 127) concernant l'élément d'exposition « je vole » de *la Cité des enfants*, qui fait systématiquement l'objet d'un détournement d'utilisation de la part des enfants visiteurs, et ce malgré les études approfondies dont il a fait l'objet durant sa conception : « *il s'agissait de transposer un principe technique, celui de l'incrustation vidéo, en une situation attractive à faire vivre à des enfants. Aussi a-t-on construit un grand panneau bleu incliné surmonté d'écrans de télévision (dont celui de droite diffuse des prises de vues aériennes prises d'hélicoptère, celui de gauche correspond à l'image du visiteur devant le panneau bleu et celui du milieu cette même image en incrustation vidéo montrant le visiteur en train de voler comme « superman »).* (...) *Des tests sur un prototype de petite taille ont montré une très bonne compréhension et un très grand intérêt par les enfants, ce qui a conduit à vouloir en faire un élément phare de ce secteur de l'exposition en le sur-dimensionnant. Et ce qui n'était pas prévu, c'est que la taille et la forme du nouvel objet crée rejoint une des références des enfants, celle du « mur d'escalade » (comme ils le nomment eux-mêmes !), l'activité sportive induite masquant alors complètement le propos de la manipulation.* »

En résumé, pour reprendre les propos de Rabardel (1995), « *l'instrument est l'artefact en situation, inscrit dans un usage* ». Sur la base de cette définition, l'auteur a proposé une modélisation des *situations d'activités instrumentées*, dite SAI (voir Figure 3-3).

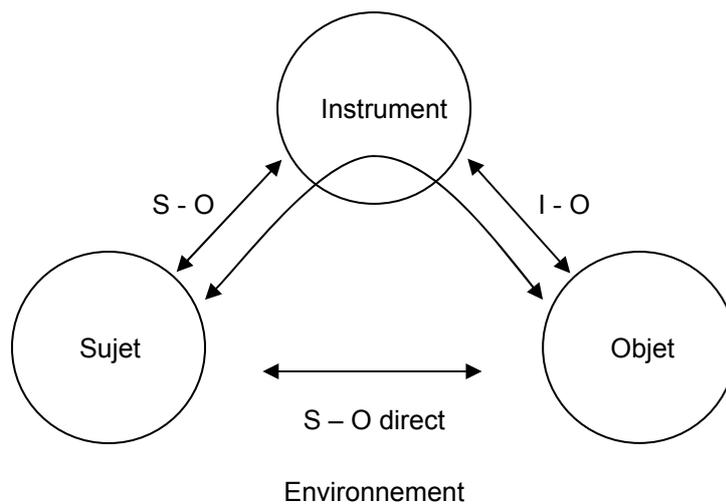


Figure 3-3. Modèle SAI (Rabardel, 1995 ; d'après Rabardel & Vérillon, 1985)

Les trois pôles engagés dans la situation d'utilisation d'un instrument sont :

- le **sujet** (utilisateur, travailleur, opérateur, agent...);
- l'**instrument** (l'outil, la machine, le système, l'ustensile, le produit...);
- l'**objet** vers lequel l'action à l'aide de l'instrument est dirigée (matière, réel, objet de l'activité, du travail, autre sujet...).

Pour Rabardel, cette modélisation triadique fait apparaître la multiplicité et la complexité des interactions entre les différents pôles. Ajouté à l'ensemble des interactions directes entre le sujet et l'objet (S-Od), le modèle SAI prend en compte les interactions entre le sujet et l'instrument (S-I), les interactions entre l'instrument et l'objet sur lequel il permet d'agir (I-O) et les interactions entre le sujet et l'objet médiatisées par l'instrument (S-Om). Enfin chacun des pôles et chacune des interactions sont eux-mêmes en interaction avec d'autres éléments de l'environnement dans lequel l'ensemble est plongé, et soumis à des conditions spécifiques liées à l'activité du sujet.

A partir du concept de schème emprunté à Piaget, Rabardel construit le concept de schème d'utilisation dans lequel il distingue les *schèmes d'usage*, les *schèmes d'action instrumentée* et les *schèmes d'activités collectives instrumentées*. Pour lui, un artefact devient vraiment un instrument, c'est-à-dire un outil qui permet d'agir, si et seulement si l'individu l'intériorise en tant que tel, c'est-à-dire s'il construit un schème qui intègre l'usage de l'artefact dans une action. L'appropriation de l'objet technique par le sujet pour en faire un instrument est ce que Rabardel appelle la genèse instrumentale, processus plus ou moins long et toujours en développement, composé de deux mouvements : l'instrumentalisation, qui désigne le mouvement du sujet vers l'artefact, et qui comprend la reconnaissance et la

création de fonctions de l'artefact, et l'instrumentation, qui désigne le mouvement de l'artefact vers le sujet, et qui comprend la modification des schèmes d'actions et de pensée du sujet. Pour Rabardel, un instrument est donc une entité composite comprenant à la fois l'artefact et ses schèmes d'utilisation.

Ce bref aperçu des travaux de Rabardel, concernant l'approche cognitive des tâches instrumentées, a pour intérêt de montrer que le processus d'appropriation des objets techniques n'a rien d'immédiat ou d'intuitif, comme on le pense trop souvent, mais nécessite une véritable genèse instrumentale. C'est pourquoi il nous semble nécessaire, pour rendre effectivement compte des relations qui ont lieu lors de l'utilisation d'un élément muséologique, de distinguer l'instrument que constitue cet élément et l'objet vers lequel est dirigée l'action réalisée avec l'instrument, ici un contenu de savoir.

3.6.3 Du triangle au carré pédagogique

Dans ce dernier paragraphe nous allons proposer un modèle illustrant la situation médiatique, compte tenu des différents éléments de réflexion que nous venons de mettre en avant. Comme nous l'avons dit, le modèle triadique proposé par Guichard nous semble incomplet pour notre recherche dans la mesure où le pôle "élément muséologique" renferme à la fois l'instrument et l'objet relatif à cet instrument, c'est-à-dire le savoir. Or comme nous venons de le voir, l'objet vers lequel est dirigée l'action réalisée à l'aide de l'instrument est propre à chaque individu et ne peut donc être assimilé à cet instrument. Ainsi s'agissant du couple "ordinateur et logiciel", la seule présentation de ce système complexe à l'utilisateur ne présage en rien de l'utilisation qu'il va en faire : l'accès au savoir, médiatisé par ce système, est relatif à chaque individu qui va plus ou moins se l'approprier, ce qui n'a rien de spontané.

Pour créer ce modèle, nous nous sommes inspiré des travaux de Rézeau réalisés dans le cadre de sa thèse de doctorat sur la « Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia » (Rézeau, 2001). A partir d'une recherche-action en didactique de l'anglais de spécialité, en lien avec les environnements d'apprentissage multimédias, Rézeau a proposé un modèle nouveau, le *carré pédagogique*, pour rendre compte de la situation d'enseignement-apprentissage instrumentée (voir Figure 3-4). Il s'appuie pour cela à la base sur le modèle ternaire de la situation pédagogique de Houssaye en y introduisant les instruments d'enseignement relativement au modèle SAI de Rabardel : la comparaison entre la relation d'activité avec instruments et la relation didactique permettant de mettre en évidence le rôle de médiateur de l'instrument de l'un et de l'enseignant de l'autre.

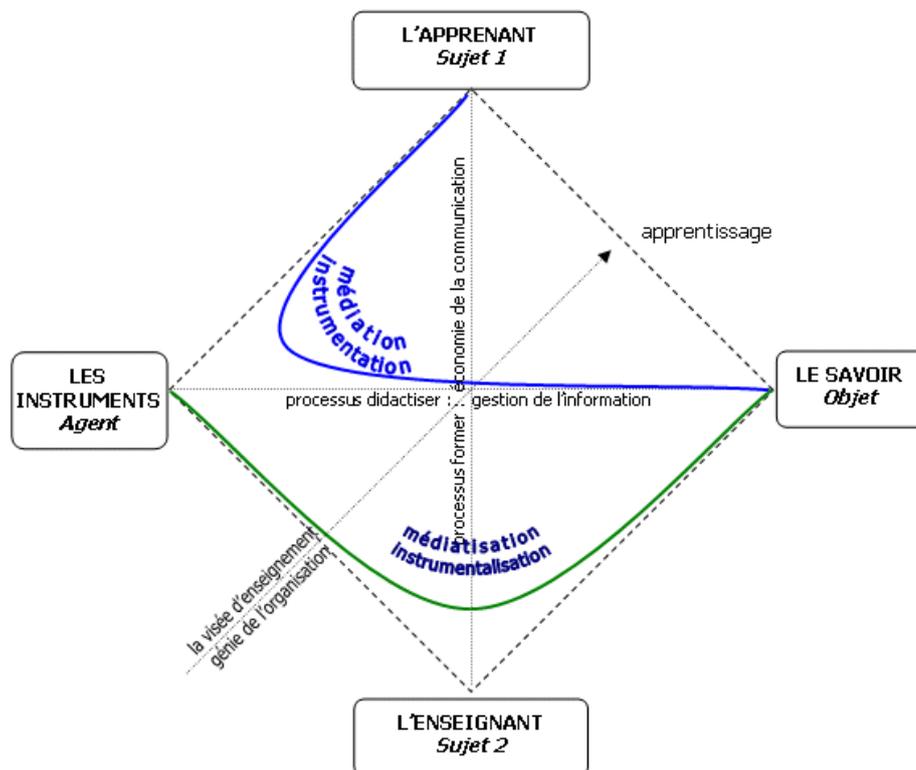


Figure 3-4. Le *carré pédagogique*, modèle simplifié (Rézeau, 2001, p. 201)

L'intérêt du modèle proposé par Rézeau est de mettre en évidence le fait que la médiation pédagogique, dans une situation d'apprentissage instrumentée, n'est plus du seul ressort de l'enseignant, mais passe par un élément nouveau, les instruments. Cette posture, qui consiste à prendre en compte le caractère instrumental des objets, nous semble tout à fait pertinente dans le contexte éducatif scolaire. Bruillard (1998) s'est penché sur la question du caractère instrumental de l'ordinateur en situation d'apprentissage et sur la perception des instruments, notamment des calculatrices, par l'institution scolaire. Ses recherches témoignent non seulement de certaines réticences à l'égard de leur utilisation en classe, mais aussi d'une absence de réflexion, de la part de l'institution, sur la nécessité d'une approche instrumentale des situations pédagogiques. Nous pourrions dire de même à l'égard des images, des cartes, des schémas, etc., largement utilisés en classe *via* le tableau ou le manuel, et dont l'appropriation et le maniement par les élèves est souvent considéré comme allant de soi alors qu'on sait toute l'ambiguïté que portent en eux ces outils sémiotiques.

3.6.4 Du *carré pédagogique* au *carré médiatique*

Dans le modèle de Rézeau, il convient de définir les termes médiation et médiatisation, tels que les envisage l'auteur. Pour ce dernier, la médiation correspond à l'action exercée par l'enseignant, qui va faciliter l'appropriation du savoir par l'apprenant par une relation d'aide,

de guidage, avec ou sans instrument. Elle correspond aux processus d'instrumentation qui concernent les schèmes d'utilisation des instruments, en référence au concept de genèse instrumentale de Rabardel. La médiation est donc symbolisée par la courbe reliant l'apprenant au savoir et faisant un détour par les instruments et l'enseignant. Concernant la médiatisation, elle correspond à une opération consistant à sélectionner, transformer, transposer les matériaux pour en faire des instruments répondant à des besoins pédagogiques déterminés. La courbe qui relie le savoir aux instruments en passant par l'enseignant représente le processus d'instrumentalisation : « *sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements et catachrèses, attribution de propriétés, transformation de l'artefact* » (Rabardel, 1995, p. 137). Ce processus, qui relève de l'enseignant, suppose des compétences et des moyens matériels non accessibles à l'apprenant.

Le modèle proposé par Rézeau s'inscrit dans le cadre très spécifique de la didactique des langues étrangères. De plus, il s'insère dans une situation pédagogique dans le cadre scolaire. Nous allons néanmoins nous en inspirer dans la mesure où un certain nombre d'invariants se retrouvent dans la situation médiatique ayant lieu dans l'exposition : un enfant sous la tutelle d'un adulte, utilisant un instrument, en l'occurrence un ordinateur équipé d'un logiciel, médiatisant un certain contenu de savoir. Nous considérons également que l'adulte s'inscrit dans une perspective éducative vis-à-vis de l'enfant.

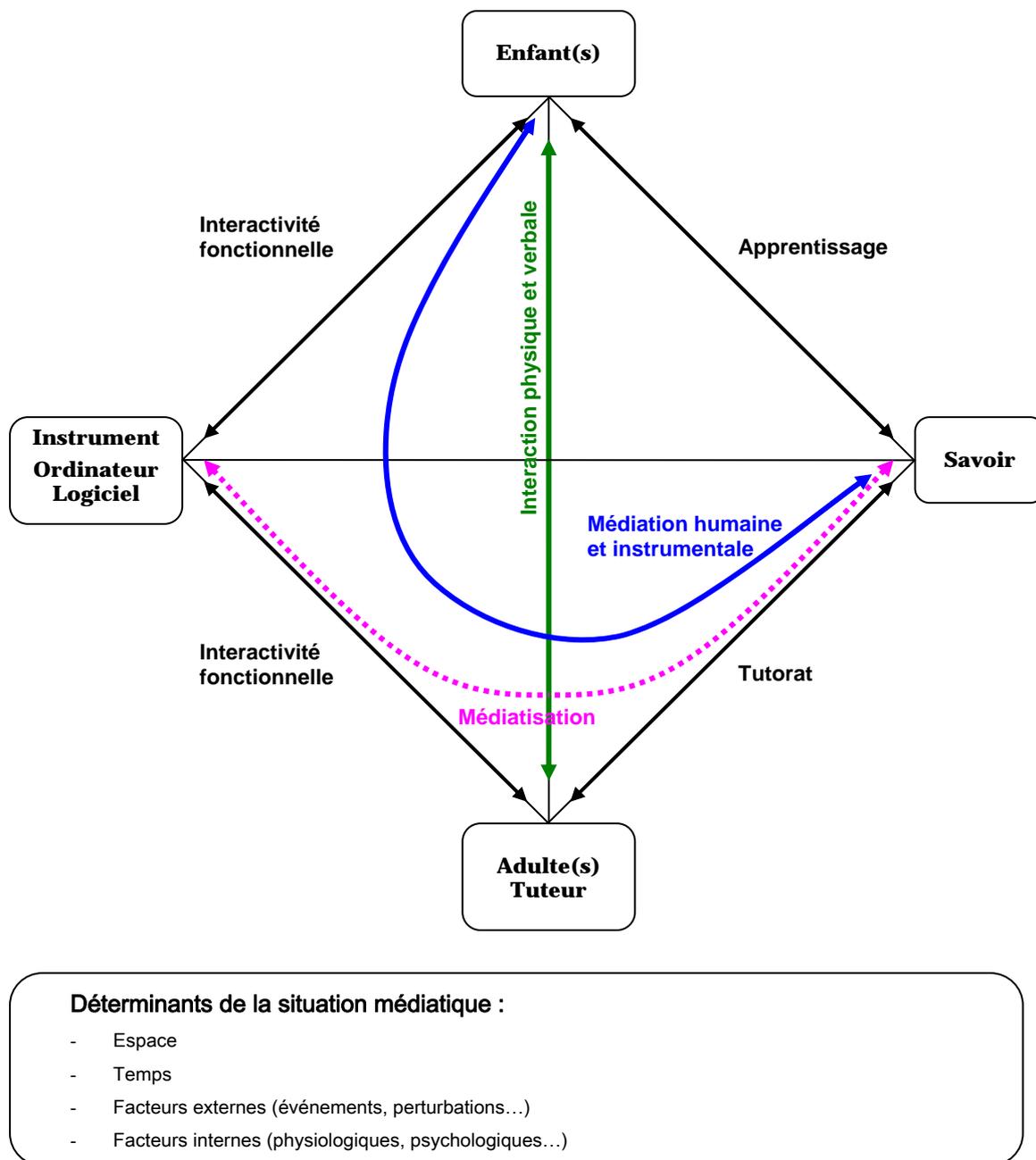


Figure 3-5. Modèle de la situation médiatique : le *carré médiatique*

Le carré médiatique tel qu'il est présenté ci-dessus (voir Figure 3-5) rend compte de toutes les relations d'interaction qui peuvent se jouer entre les différents partenaires de la situation médiatique. Compte tenu du fait que nous n'évoluons pas dans le contexte scolaire, nous avons opéré différentes modifications par rapport au modèle du carré pédagogique de Réseau.

Dans un premier temps, comme nous l'avons dit, le contrat didactique qui lie l'élève et l'enseignant dans le cadre scolaire, est peu explicite dans le champ de la médiatique.

L'enfant qui visite l'exposition est libre de ses mouvements, il n'est pas soumis à un programme de visite, ni à des objectifs précis en termes de réussite, etc. L'activité n'est donc pas prédéterminée. L'enfant manipule les dispositifs muséologiques pendant une durée qui n'est pas fixée à l'avance et qui peut varier selon différents facteurs :

- des facteurs internes (l'intérêt qu'il porte à la manipulation, son état de fatigue, différents besoins physiologiques, etc.) ;
- des facteurs externes (le désir des adultes qui l'accompagnent de le voir continuer la manipulation ou au contraire de poursuivre la visite, la fin de la visite, une animation qui débute, etc.).

Nous avons placé ces facteurs dans ce que nous avons appelé les déterminants de la situation médiatique.

Par ailleurs, contrairement au contexte scolaire où l'enseignant connaît et maîtrise les instruments qu'il utilise avec les élèves, dans le contexte muséal l'adulte ne connaît pas, *a priori*, les éléments muséologiques, qu'il découvre en même temps que l'enfant qu'il accompagne. D'autre part, malgré les quelques aides écrites qui accompagnent le dispositif, aucune règle d'utilisation n'est imposée, le concepteur (émetteur) n'exerçant aucun contrôle sur les visiteurs (récepteurs). C'est pourquoi nous avons ajouté des relations directes entre les différents pôles du carré :

- les interactions "enfant/instrument" et "adulte/instrument", qui renvoient à la seule communication homme/machine, c'est-à-dire à l'interactivité fonctionnelle comme nous l'avons déjà vu (Barchechath & Pouts-Lajus, 1990) ;
- les interactions directes "adulte/enfant", physiques ou verbales, qui peuvent prendre vie hors de tout rapport avec l'instrument et/ou le savoir ;
- les interactions directes "enfant/savoir" et "adulte/savoir", pour rendre compte d'une réflexion engagée par chacun des partenaires sur le savoir. Précisons bien que nous parlons du savoir visé par les concepteurs. Ne pas l'inclure dans le carré médiatique ne veut certainement pas dire que l'enfant ne va rien apprendre.

Nous n'avons pas rendu compte de l'interaction "instrument/savoir", telle que le propose le modèle SAI de Rabardel, dans la mesure où le contenu de savoir médiatisé par l'instrument ne peut évoluer au cours de l'activité vis-à-vis de celui-ci.

Enfin, le dernier point d'écart avec le modèle de Rézeau concerne la médiatisation. Pour ce dernier, cette opération correspond à l'adaptation de l'objet technique par l'enseignant en vue d'en faire un instrument répondant à des besoins éducatifs précis compte tenu des objectifs qu'il s'est fixé. Pour en donner un exemple, nous citerons le cas des minitels utilisés

par certains enseignants des classes d'écoles maternelles pour familiariser les enfants avec les lettres de l'alphabet via la manipulation du clavier et son rendu à l'écran. L'objet technique subit ici un processus d'instrumentalisation, les utilisateurs (les enseignants) lui ayant attribué une fonction autre que celles, de communication et de transaction à distance, pour lesquelles il fut initialement conçu. Dans le cas de l'utilisation d'un dispositif multimédia dans le cadre d'une visite d'exposition, cette opération semble peu à la portée des visiteurs. D'une part, parce que les objets techniques qu'ils utilisent sont conçus pour viser des impacts très ciblés. La marge de manœuvre pour l'utilisateur, de n'utiliser qu'une partie des fonctions de la machine ou de lui conférer d'autres fonctions que celles initialement fixées par les concepteurs, et ce de manière consciente en vue de viser un objectif éducatif déterminé, est donc faible. Par ailleurs, les conditions de visite qui rendent souvent les manipulations de courtes durées, ne permettent pas aux visiteurs de prendre le recul que nécessite une telle posture. Les dispositifs techniques sont la plupart du temps appréhendés dans leur globalité. C'est pourquoi nous avons illustré la courbe symbolisant l'opération de médiatisation par un trait en pointillé.

3.6.5 Quelques illustrations

Si nous voulions donner une définition du carré médiatique, nous dirions que c'est le modèle d'une situation médiatique dont les quatre pôles symbolisent les éléments interagissant dans cette situation : un enfant, un adulte, un instrument (le dispositif médiatique) et un contenu de savoir médiatisé par cet instrument. Le carré médiatique est donc à considérer comme une surface d'interaction entre ces quatre pôles. L'intérêt que nous voyons dans ce modèle est qu'il permet de rendre compte de manière assez fine de cette interaction et de l'évolution des caractéristiques de celle-ci durant l'activité. Au cours de l'ensemble de la situation médiatique, qui porte sur toute la durée de l'activité face au dispositif, la relation d'ensemble unissant ces quatre pôles peut évoluer, passant par des états différents au cours desquels, un voire deux d'entre eux vont être absents. Le carré sera alors momentanément tronqué, réduit à une relation tripolaire voire bipolaire. Nous allons en donner ci-après quelques illustrations.

Exemple 1 : les quatre pôles interagissent (Voir Figure 3-6)

La phase la plus complète est obtenue lorsque la médiation instrumentale et humaine, symbolisée par la double flèche bleue entre l'enfant et le savoir, fonctionne pleinement. Dans ce cas, les quatre pôles du carré sont "opérationnels". L'adulte, au moyen de l'instrument que l'enfant manipule, va faire ressortir le contenu de savoir médiatisé par cet instrument.

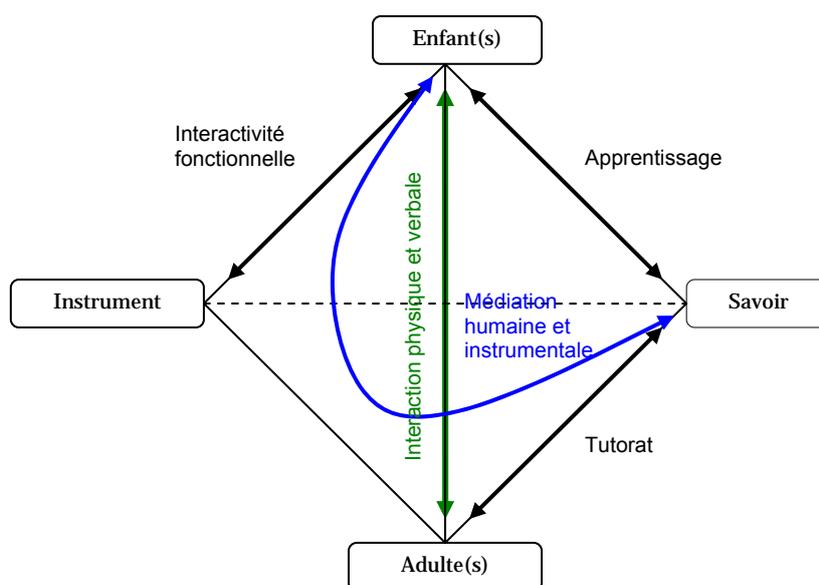


Figure 3-6. Carré médiatique complet (exemple 1)

Le carré médiatique, tel qu'il est schématisé ci-dessus, rend compte d'un certain état de la situation médiatique, cet état pouvant prendre différentes formes au cours de l'activité. Les caractéristiques de la situation médiatique vont évoluer en fonction des conduites des deux partenaires qu'elle solidarise, l'enfant et l'adulte.

Exemple 2 : le pôle "savoir" disparaît (Voir Figure 3-7)

Le pôle "savoir" peut disparaître pour plusieurs raisons, qui peuvent être intentionnelles ou non. Comme nous l'avons vu, différentes études ont montré que les parents, lorsqu'ils accompagnent leur enfant dans la découverte des éléments d'exposition, n'ont pas systématiquement un discours soutenu vis-à-vis du savoir médiatisé. Leur attention peut être davantage portée sur le dispositif lui-même, en tant qu'instrument, et son fonctionnement ou sur les actions de l'enfant par rapport au dispositif. Dans ce cas, le savoir disparaît de la situation médiatique, qui ne va plus se jouer qu'entre l'enfant, l'adulte et l'instrument. Une autre raison expliquant la disparition du pôle "savoir" du carré médiatique peut être liée au fait que, découvrant l'élément d'exposition, l'adulte va en expliquer le fonctionnement à l'enfant avant de se pencher plus précisément sur le contenu de savoir qu'il véhicule.

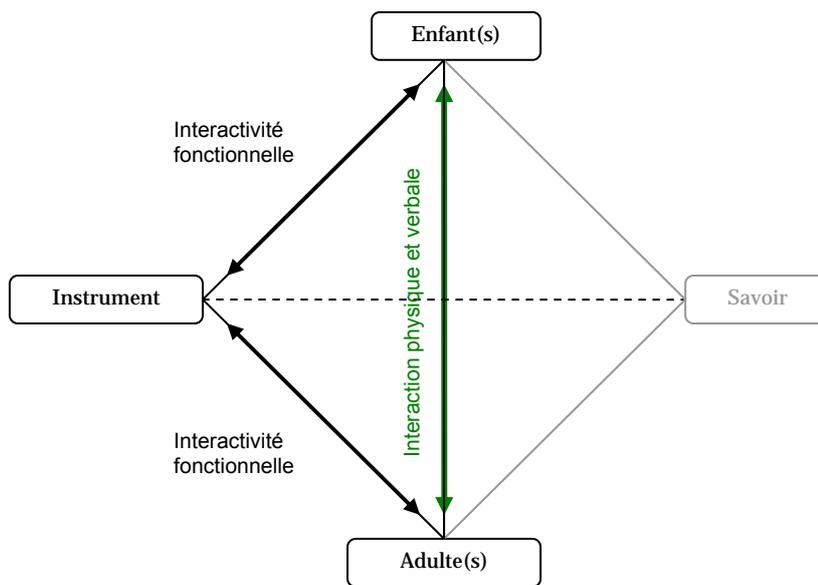


Figure 3-7. Carré médiatique tronqué (exemple 2)

Exemple 3 : le pôle "instrument" disparaît (Voir Figure 3-8)

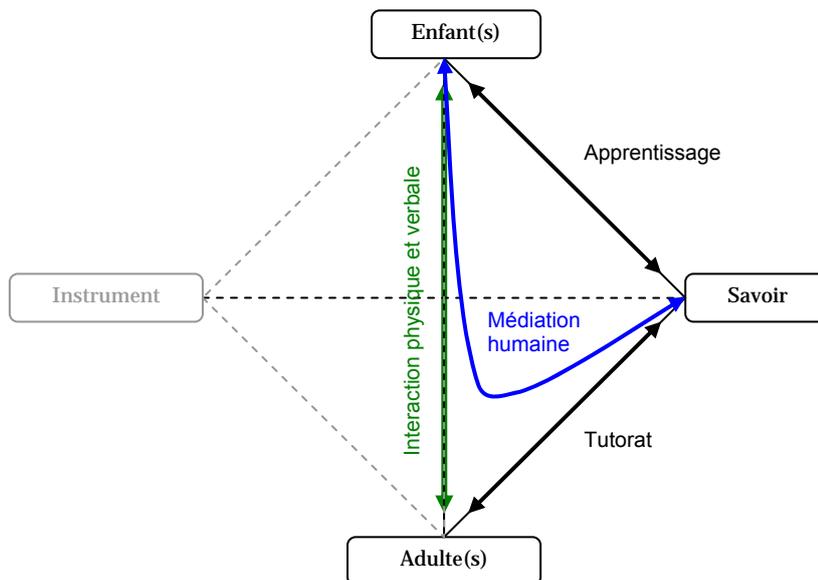


Figure 3-8. Carré médiatique tronqué (exemple 3)

Lorsque le parent s’inscrit dans une démarche éducative, il va guider l’enfant dans son activité. Il peut alors être amené à suspendre momentanément la relation d’interactivité de l’enfant avec l’instrument, ou retarder celle-ci en début d’activité, pour engager avec lui une discussion et l’amener à réfléchir sur différents aspects du contenu de savoir en jeu.

L'instrument s'efface donc de la situation médiatique, où la seule médiation va être assurée par l'adulte.

Exemple 4 : le pôle "adulte" disparaît (Voir Figure 3-9)

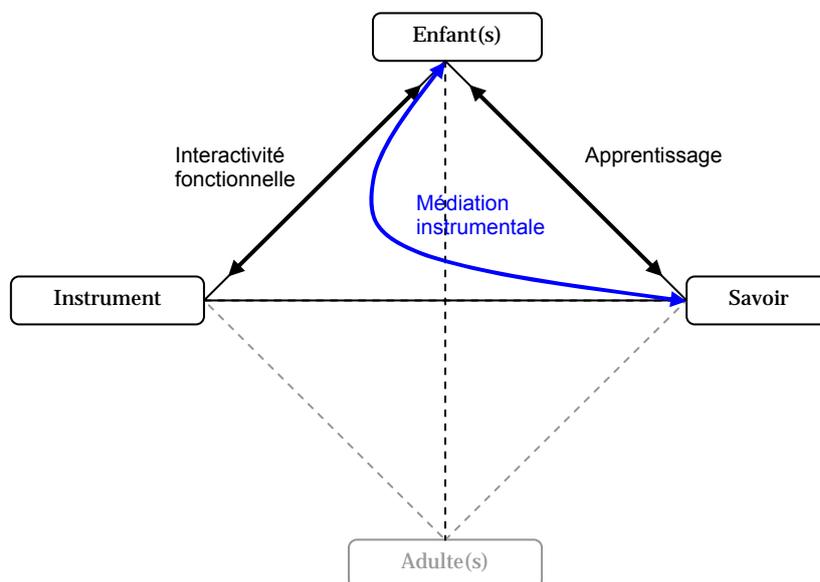


Figure 3-9. Carré médiatique tronqué (exemple 4)

La présence physique du parent aux côtés de l'enfant ne présage en rien de l'intervention qu'il va avoir auprès de ce dernier. Parfois l'adulte peut être présent uniquement pour des raisons d'accompagnement ou de surveillance, sans s'impliquer dans l'activité de l'enfant. Il peut au contraire être attentif à son activité mais s'exclure délibérément de la situation médiatique pour laisser l'enfant découvrir seul et manipuler librement. Il peut aussi être "invité" par l'enfant à sortir de la situation. Dans tous les cas, momentanément ou sur toute la durée de l'activité, l'enfant se trouve alors seul face à l'instrument et au savoir. La médiation humaine de l'adulte disparaît et le savoir n'est plus médiatisé que par l'instrument.

Exemple 5 : les pôles "adulte" et "savoir" disparaissent (Voir Figure 3-10)

Dans ce dernier cas, l'instrument est manipulé pour lui-même en tant que seul objet technique et non pour le contenu de savoir qu'il médiatise. Précisons, comme nous l'avons déjà dit, que l'absence de l'adulte de la situation médiatique ne signifie pas une absence physique. Il peut être présent mais ne pas intervenir.

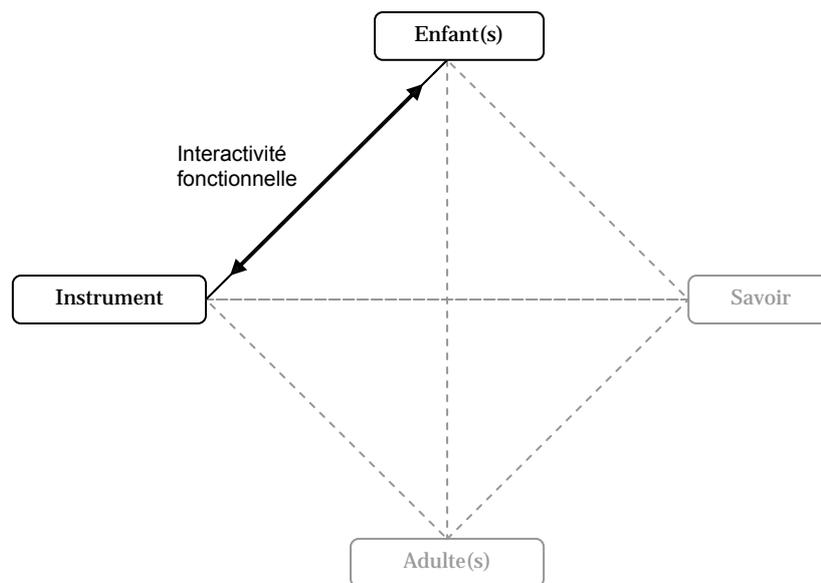


Figure 3-10. Carré médiatique tronqué (exemple 5)

Cette situation s’observe couramment en début de visite lorsque les enfants parcourent l’exposition à la recherche de l’élément muséologique qui retiendra leur attention. Ils s’arrêtent devant un élément, le manipulent quelques instants (parfois quelques secondes) sans prendre le temps de la réflexion puis, n’ayant pas trouvé matière à satisfaction, partent vers un autre élément. Ce constat n’est pas propre aux enfants mais s’observe également chez les adultes dans les expositions qui leur sont destinées.

Les différents exemples précédemment présentés ne rendent pas compte de manière exhaustive de l’ensemble des situations d’interaction qui peuvent se jouer au cours de la situation médiatique. Ils n’ont pour but que d’en illustrer quelques unes et de montrer comment nous allons les modéliser. Le carré médiatique va donc nous permettre de représenter les différentes phases qui vont s’enchaîner au cours de la situation médiatique et de rendre compte de l’évolution de l’interaction entre les différents partenaires de la situation.

3.7 Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons pris en compte les travaux de Vygotski et de Bruner sur la médiation sociale et le fait que les jeunes enfants sont toujours accompagnés d’adultes lorsqu’ils manipulent les dispositifs médiatiques, pour nous intéresser à la tutelle exercée par ces derniers au travers de différentes études menées à la *Cité des enfants*. Ces études mettent en évidence une multitude de modes d’accompagnements, plus ou moins adaptés à la découverte des savoirs médiatisés dans l’exposition. La dimension instrumentale des

dispositifs techniques n'est généralement pas prise en compte dans les observations effectuées ; or nous pensons que les difficultés d'appropriation et de manipulation de ces dispositifs par les visiteurs ont de fortes incidences sur leurs conduites. Afin de dégager un modèle de la situation médiatique telle qu'elle se joue entre l'enfant et le parent face au dispositif d'exposition, nous nous sommes appuyé sur l'approche instrumentale des activités proposée par Rabardel (1995), pour lequel tout instrument est constitué d'un artefact, objet social neutre, et de ses schèmes d'utilisation propres à chaque usager.

Cette réflexion nous a conduit à dissocier le dispositif en tant qu'instrument, du dispositif en tant que médiateur technique d'un contenu de savoir. Sur cette base, nous avons proposé le modèle du *carré médiatique*, permettant de rendre compte des caractéristiques de l'interaction se jouant entre chacun de ses pôles représentant l'enfant, l'adulte, l'instrument et le savoir.

DEUXIÈME PARTIE

**Étude d'un dispositif informatique simulant des
mélanges de couleurs dans une exposition
scientifique pour enfants**

Chapitre 4 - Domaine de savoir et outils d'évaluation

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous allons présenter en détail le dispositif de simulation que nous avons utilisé pour notre recherche. Nous nous pencherons ensuite sur le contenu de savoir médiatisé par ce dispositif, c'est-à-dire les couleurs et le mélange des peintures, puis nous présenterons la série de tests que nous avons mis en place pour déterminer les connaissances des enfants dans ce domaine. Enfin, nous exposerons le déroulement général de l'ensemble de la recherche, en faisant ressortir l'articulation entre les deux études qui la composent.

4.1 Introduction

Notre recherche porte sur l'impact cognitif des dispositifs médiatiques sur les enfants d'âge préscolaire. Le type de dispositifs sur lequel nous avons choisi de nous pencher est particulier puisqu'il s'agit des multimédias interactifs de simulation, qui confrontent les usagers à des objets virtuels avec lesquels ils interagissent. De manière générale, les outils informatiques sont des médias intéressants dans la mesure où on les retrouve dans toutes sortes de contextes d'utilisation, ils font aujourd'hui partie du paysage technologique de tout un chacun. Pour les raisons que nous avons largement développées dans le chapitre précédent, nous considérons comme indispensable la présence de l'adulte auprès de l'enfant durant son activité. C'est pourquoi, dans le cadre de notre recherche, nous allons tenter d'évaluer l'impact cognitif de ce type de dispositif en prenant en compte la conduite des adultes accompagnant les enfants lors de l'utilisation.

Comme nous l'avons dit (voir Chapitre 3), nous considérons qu'au cours de l'activité, différentes interactions vont s'établir entre l'enfant, l'adulte, l'instrument et le contenu de savoir médiatisé par cet instrument. Nous avons décrit ces interactions en présentant le modèle du carré médiatique. Notre démarche s'inscrit dans une approche qualitative qui va nous amener, pour chaque dyade parent/enfant, à nous pencher sur l'évolution de ce système d'interactions au cours de l'activité et à la mettre en parallèle avec les apports constatés du dispositif au plan cognitif pour l'enfant utilisateur.

Pour ce faire, nous nous sommes appuyé sur un seul et même dispositif médiatique présenté dans une exposition scientifique pour enfants. Nous reviendrons en fin de chapitre sur l'intérêt d'inscrire notre recherche dans un tel contexte. Notre choix s'est porté sur ce

dispositif particulier car nous avons considéré qu'il présentait, en tant qu'instrument de simulation informatique, un certain nombre de qualités.

4.2 Le dispositif médiatique utilisé

Pour mener notre recherche, nous avons considéré l'élément d'exposition « dessine avec ton doigt » présenté dans l'espace 3/5 ans de la *Cité des enfants*. Cet élément, basé sur un logiciel informatique, propose une représentation d'une situation familière aux enfants : une activité de peinture. Dans les lignes qui suivent, nous allons présenter ce dispositif tel qu'il a été conçu, puis nous préciserons la manière dont nous allons l'utiliser avec les enfants.

4.2.1 L'élément d'exposition « dessine avec ton doigt »

L'élément d'exposition « dessine avec ton doigt » se compose d'un moniteur d'ordinateur équipé d'un écran tactile et protégé par un capot en plexiglas (voir Figure 4-1). Aucun autre élément n'est accessible au visiteur ; l'unité centrale, le clavier et la souris sont à l'intérieur du meuble qui supporte le moniteur. Il n'y a pas d'enceintes, le jeu ne diffuse aucun son. Devant l'élément se trouvent des petits tabourets adaptés à la taille des enfants.



Figure 4-1. Élément d'exposition « dessine avec ton doigt », *Csi*

Sur la tablette figurant devant le moniteur se trouvent deux courtes consignes écrites. La première invite à la manipulation en indiquant : « Dessine sur l'écran avec ton doigt ». La seconde consigne donne la précision suivante : « Pour fabriquer tes couleurs... Touche les tubes de peintures sur l'écran. Les couleurs se mélangeront dans le petit pot placé en dessous. » Même si ces phrases s'adressent de toute évidence à l'enfant, elles ne seront lues que par les parents, à la double condition qu'ils y prêtent attention et qu'ils soient francophones. Une autre indication implicite est fournie à l'ensemble des utilisateurs, enfants et parents, par le biais de l'écran. Lorsqu'il n'est pas utilisé pendant plus de 20 secondes, un

programme se met en boucle automatiquement (voir Figure 4-2). Des dessins colorés se forment à l'écran, l'objectif étant de mettre en évidence les différentes possibilités du jeu mais aussi d'attirer le public vers le dispositif.



Figure 4-2. Capture d'écran du jeu « dessine avec ton doigt », *Csi*

Lorsqu'un visiteur touche l'écran, l'animation cesse et laisse le champ libre (voir Figure 4-3).



Figure 4-3. Capture d'écran du jeu « dessine avec ton doigt », *Csi*

L'interface présente aux enfants l'image d'un cahier à spirales sur lequel ils vont réaliser leurs dessins. Ils ont à leur disposition des pots de peinture de couleur rouge, vert, bleu, jaune et noir qu'ils vont pouvoir utiliser directement ainsi qu'un pot à mélanges avec lequel ils peuvent créer leurs propres couleurs. Pour réaliser leurs mélanges, les enfants doivent utiliser les trois tubes de couleurs primaires : cyan, magenta, jaune. La couleur obtenue est fonction des proportions choisies. Sur la droite de l'écran, le robinet permet de "nettoyer" le pot pour créer de nouveaux mélanges.

Lorsque l'enfant appuie sur un pot pour sélectionner une couleur, celui-ci déborde et reste sous cette apparence visuelle tant que l'enfant ne sélectionne pas une autre couleur. La flèche en haut à droite de l'écran permet d'effacer le dessin et d'afficher une nouvelle page blanche.

4.2.2 L'utilisation naturelle du dispositif

Le document "Guide pour la Cité des enfants", qui passe en revue chaque élément d'exposition afin d'aider les adultes accompagnateurs, parents et éducateurs, à préparer et effectuer leur visite, indique au sujet de l'élément : « *L'écran d'ordinateur s'utilise comme une feuille de papier pour dessiner, peindre et barbouiller tout en couleur. Le doigt remplace les pinceaux, les tubes de couleur et même l'effaceur.* »

Dans le guide "Parcours parents", conçu plus spécifiquement pour éclairer les adultes dans l'accompagnement des enfants, des indications supplémentaires sont apportées (voir Encadré 4-1).

Dessine avec ton doigt : Qu'est-ce que mon enfant apprend ici ?

Face à l'élément

Cette activité suscite l'étonnement : pas de boutons, pas de manettes, de la peinture qui ne salit pas les doigts ! Les enfants, surtout les très jeunes, sont souvent déconcertés. Puis, par hasard ou avec l'aide de l'adulte, ils assimilent peu à peu l'utilisation de l'écran tactile, vérifiant de temps en temps l'état de leur doigt au cours de l'activité.

Votre enfant s'initie aux principes de fonctionnement d'un logiciel de dessin.

Il en explore toutes les possibilités, il comprend le sens des icônes. Son geste graphique, son sens esthétique, sa créativité sont sollicités.

Parents : la créativité dynamise tout apprentissage.

Votre enfant aime dessiner ; les beaux dessins qu'il réalise ici l'entraînent dans la découverte d'un outil complexe.

Encadré 4-1. Extrait du "Parcours parents" concernant « dessine avec ton doigt »

Concernant les utilisations effectives qu'en font les enfants et les parents, les résultats de nos observations rejoignent ceux de différentes études (Cordier, 1998 ; Studart, 1999). Cet élément d'exposition est apprécié des visiteurs, enfants comme parents. Parfois même, nous avons observé plusieurs enfants, deux voire trois, qui l'utilisaient en même temps mais séparément comme s'ils étaient seuls, ce qui n'était pas sans poser certains problèmes d'ordre conflictuel. Dans la grande majorité des cas toutefois, l'enfant est avec l'un ou l'autre de ses parents. En début d'utilisation, ces derniers sont généralement assez direc-

tifs : après avoir compris eux-mêmes le fonctionnement de l'interface, ils expliquent à l'enfant comment l'utiliser. Ensuite les conduites des parents peuvent varier, laissant place à plus ou moins d'autonomie.

Une constante qui a été observée chez la plupart des jeunes enfants, est qu'ils regardent fréquemment leur doigt après avoir dessiné avec. Leur surprise de constater qu'il ne porte pas les traces de la couleur du trait qu'ils viennent de tracer à l'écran, met bien en évidence l'ambiguïté qui demeure chez l'enfant entre objet virtuel et activité réelle. Enfin, un autre point qui a son importance, est que le logiciel n'est pas systématiquement exploité dans son intégralité : la fonction "dessin" est largement utilisée, alors que la fonction "mélange" est parfois ignorée. Le dispositif est davantage utilisé dans une perspective expressive, pour ses possibilités de création, que dans une perspective scientifique ⁵³. Et de fait, l'élément d'exposition « dessine avec ton doigt » n'a pas été conçu spécifiquement pour familiariser les enfants avec les mélanges de couleurs. Les consignes données aux parents à cet égard sont minimalistes.

4.2.3 L'utilisation du dispositif dans le cadre de la recherche

Dans le cadre de notre recherche, nous allons orienter l'utilisation du dispositif pour faire ressortir la fonction liée au mélange. Au sens de Rabardel (1995), nous dirions que nous allons l'instrumentaliser. Nous allons lui assigner un objectif qui, initialement, n'était pas spécifiquement le sien : rendre compte du processus de transformation inhérent à l'opération de mélange.

La principale limitation rencontrée par les jeunes enfants lorsqu'ils observent un phénomène ou un processus est d'ordre conceptuel autrement dit, ils peinent à construire une description pertinente des observations qu'ils peuvent faire. Ils ont des difficultés à établir la phénoménologie, c'est-à-dire à décrire l'ensemble de la situation en termes d'objets, d'action et d'événements. Celle-ci suppose un découpage temporel des événements et une représentation analytique des états du système physique (état initial et état final) et de ses transformations. Les activités visant chez les enfants à établir les phénoménologies et à rechercher les relations causales sont donc à privilégier. Faisant référence à Martinand (1986), qui a fait des propositions intéressantes dans ce sens, Weil-Barais (2004, p. 199) précise : « *la procédure de dissociation des facteurs que les enfants connaissent souvent déjà, de manière implicite, est à rendre explicite, ce qui permet de solliciter chez les élèves*

⁵³ Nous faisons ici uniquement référence au contenu de savoir relatif au mélange des couleurs, la seule manipulation du logiciel pouvant être considérée en tant que telle comme une activité scientifique.

la prise de conscience des biais de raisonnement et de réfléchir aux conditions qui permettent d'accorder une plus ou moins grande confiance aux relations causales établies. »

C'est la raison pour laquelle nous nous sommes intéressé au dispositif « dessine avec ton doigt ». L'environnement logiciel place l'enfant face à un système de représentation figurative dynamique. Son intérêt en tant qu'application d'un modèle, est de rendre compte de façon dynamique de la transformation résultant du mélange des peintures. L'évolution du processus apparaît de manière séquencée au rythme imposé par l'enfant. Comme nous l'avons dit dans le chapitre sur les simulateurs et sur leur rôle en tant qu'instruments d'explicitations, « *l'outil multimédia offre la possibilité d'appréhender la dimension dynamique des phénomènes scientifiques. (...) Les interfaces peuvent souligner les caractéristiques importantes qui concourent aux phénomènes étudiés et de ce fait favoriser leur intégration dans la représentation du sujet.* » (Jamet, 2002, p.167). L'enfant, au fur et à mesure qu'il tapote sur les tubes de peintures, voit le mélange se réaliser et la couleur de celui-ci se modifier peu à peu. Le lien de causalité entre l'action de l'enfant sur les tubes et la couleur finale obtenue, est perceptible. L'intérêt d'avoir recours à la simulation est d'attirer l'attention de l'enfant sur ce lien de cause à effet, de lui en faire prendre conscience, à travers l'évolution d'un état initial vers un état final, matérialisé par la modification progressive de la couleur du mélange.

Dans les lignes suivantes, nous allons nous pencher plus en avant sur le contenu de savoir concerné. Nous allons donner quelques précisions concernant les couleurs, la vision que l'on en a et les différentes manières dont elles se synthétisent selon qu'elles sont sous forme "matière" ou "lumière".

4.3 Couleurs et vision

La couleur est un sujet qui suscite beaucoup d'intérêts et d'interrogations (Zana, 1985). Elle fait l'objet de nombreuses recherches dans bien des domaines, comme en témoigne les activités du *Centre français de la couleur*⁵⁴ ou de l'*International association of colour*⁵⁵. La couleur s'impose à nous dans notre environnement quotidien et en est le premier facteur de perception. On peut également agir sur elle et la travailler, sous l'une ou l'autre de ses formes : matière ou lumière. Relevant du domaine des sciences et des arts, la couleur se prête à de nombreuses activités dans le domaine éducatif, que ce soit dans les expositions, pour enfants ou adultes, ou dans le contexte scolaire, de la maternelle à

⁵⁴ CFC visible sur <http://www.cf-couleur.fr/>

⁵⁵ IAC visible sur <http://www.iac-colour.co.uk/index.htm>

l'université. Sa perception est immédiate et universelle, au-delà les âges, les cultures, les formations, etc. « *La perception des couleurs est une des activités les plus intrigantes de notre système visuel. Elle est une expérience intime, privée, difficile à décrire.* » (Stréri, 1999, p. 140).

4.3.1 La couleur

La lumière visible est la partie du rayonnement électromagnétique émis par le soleil, à laquelle nos yeux sont sensibles et dont les longueurs d'onde sont comprises approximativement entre 400 et 800 nm. On constate, d'après la Figure 4-4, que la lumière visible ne constitue qu'une infime partie du spectre électromagnétique.

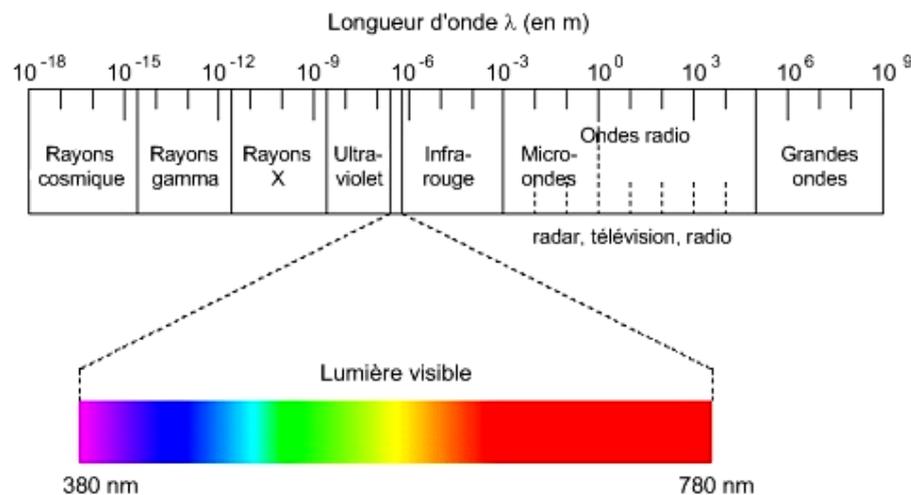


Figure 4-4. Décomposition du spectre de la lumière blanche

Cet ensemble de couleurs allant du violet au rouge forme le spectre de la lumière blanche. Chaque couleur correspond à une ou plusieurs ondes depuis les ultraviolets jusqu'aux infrarouges. Il existe une infinité de couleurs, mais l'œil en tant qu'organe visuel ne peut distinguer seulement que plusieurs centaines de milliers de nuances de couleurs différentes.

Il est important de bien définir ce qu'est la couleur. Notre activité perceptive permanente nous conduit à dire que nous voyons ou nous percevons les couleurs. Or c'est un abus de langage. En réalité la couleur est l'impression que fait sur l'œil la lumière diffusée par les corps. Lorsque nous disons par exemple qu'un objet est bleu, cela signifie en réalité que la surface de cet objet absorbe tout le rayonnement lumineux à l'exception du bleu. La vision des couleurs nous vient donc en fait de l'interprétation que fait notre système visuel (la rétine puis le cerveau), des longueurs d'ondes des rayons lumineux émis par les objets et les éléments qui nous entourent. Toutefois, par souci de simplicité, nous continuerons à parler de perception ou de vision des couleurs.

La perception que nous avons de la couleur d'un objet est donc influencée par trois facteurs : la source lumineuse qui éclaire l'objet ; la matière plus ou moins absorbante de l'objet ; notre œil qui va transmettre l'information reçue au cerveau.

4.3.2 Synthèse additive et synthèse soustractive

Le phénomène mis en jeu au travers de l'élément « Dessine avec ton doigt » repose sur le mélange des couleurs, tel que les enfants peuvent en faire en réalité avec des gouaches et des pinceaux. La particularité de cet élément est qu'il simule le mélange de peintures réelles, basé sur le principe de la synthèse soustractive, tout en fonctionnant selon le principe de la synthèse additive, comme tout écran d'ordinateur ou de télévision. L'élément « dessine avec ton doigt » met donc en concurrence deux modèles de mélanges, additif et soustractif, utilisant l'un pour exposer l'autre. Or, comme le précise Dérivé (2000), « *dans tous problèmes de couleur, il faut que l'esprit sache clairement qu'il s'agit de synthèse additive ou soustractive.* »

La **synthèse additive** (voir Figure 4-5) est principalement utilisée dans les domaines du traitement électronique de l'image tels que télévision, écrans d'ordinateur, vidéo et vidéo-projection. Il s'agit d'un procédé par ajout de lumière pour reproduire les différentes couleurs.

Bleu + vert = cyan

Vert + rouge = jaune

Rouge + bleu = magenta

Rouge + bleu + vert = blanc

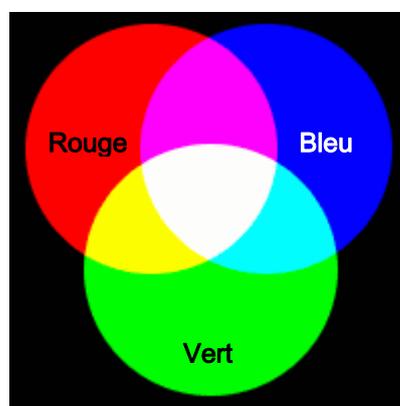


Figure 4-5. Synthèse additive des couleurs

Dans le système de synthèse additive dit RVB, les couleurs primaires sont le rouge, le vert et le bleu, à partir desquelles on peut fabriquer n'importe quelle autre couleur. Lorsque ces trois couleurs sont combinées deux à deux, on obtient leurs couleurs complémentaires qui sont les primaires de la synthèse soustractive.

La **synthèse soustractive** (voir Figure 4-6) est utilisée dans la peinture, l'imprimerie couleur, la photographie et les diapositives ; elle repose sur un système de retrait de lumière par utilisation de filtres ou de pigments. Dans le système de synthèse soustractive dit CMJ, les

couleurs primaires sont le cyan (bleu/vert), le magenta (violet/rouge) et le jaune. Lorsque les trois couleurs primaires sont superposées, toute la lumière est pour ainsi dire soustraite, de sorte qu'il ne reste que du noir.

Jaune + cyan = vert
 Cyan + magenta = bleu
 Magenta + jaune = rouge
 Jaune + cyan + magenta = noir

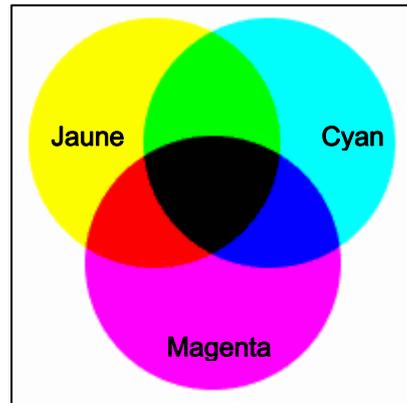


Figure 4-6. Synthèse soustractive des couleurs

4.4 Peintures et mélanges

L'obtention d'une nouvelle couleur par mélange de peintures se fait selon le principe de la synthèse soustractive.

4.4.1 Le mélange des pigments ou la synthèse soustractive des couleurs

Toute peinture est constituée d'au moins deux composants. Les pigments, qui se présentent sous forme de poudre très fine au pouvoir colorant intrinsèque, donnent à la peinture sa couleur. Le liant, qui mouille et colle les pigments entre eux, la rend malléable et lui confère ses caractéristiques : viscosité, brillance, adhérence, séchage, etc. Un tube, un pot de peinture ou d'encre, une cartouche de stylo, une recharge de feutre, sont presque toujours du pigment mélangé à du liant.

Lorsque l'on mélange des peintures de différentes couleurs - ce qui est rendu possible grâce aux liants -, ce sont leurs pigments que l'on mélange. L'absorption des pigments pris séparément va se combiner, conformément au principe de la synthèse soustractive. Puisque cette nouvelle combinaison soustrait davantage de lumière, la quantité de lumière réfléchiée par le mélange est inférieure à la quantité de lumière réfléchiée par chaque pigment pris séparément. Autrement dit, plus on mélange de couleurs, plus on soustrait de lumière, plus le mélange s'assombrit. Tout mélange de peinture se réalise à l'échelle microscopique au niveau du pigment. Par conséquent, c'est un "effet d'optique" qui, par exemple, nous fait voir un vert lorsque l'on nous présente un mélange de jaune et de bleu. Selon les quantités

relatives de peintures mélangées, le résultat obtenu en terme de couleur perçue, sera bien évidemment différent.

Dans toute transformation faisant évoluer une entité d'un état initial vers un état final, tout ou partie des caractéristiques de l'entité va se trouver modifiée à l'issue du processus. Dans la transformation réalisée par l'opération de mélange, les caractéristiques propres au liant (viscosité, brillance, adhérence, séchage, etc.) restent inchangées - à condition que les caractéristiques des liants soient identiques - seule la couleur va être modifiée.

4.4.2 La couleur et les mélanges à l'école maternelle

Les couleurs et les peintures sont supports de nombreuses activités à l'école maternelle, dans le domaine des arts graphiques bien sûr, mais aussi dans le domaine qui nous intéresse, celui de l'initiation aux sciences et aux technologies.

Comme un certain nombre d'auteurs en didactique des sciences (Astolfi et al., 2001 ; Coquidé & Giordan, 1997, Laugier & Dumon, 1998), nous considérons que les activités scientifiques et techniques sont non seulement possibles avec les jeunes enfants, mais plus que cela, elles sont nécessaires⁵⁶. Pour reprendre les propos de Giordan (1999, p. 13), nous dirions que « *l'esprit scientifique doit être partagé au plus tôt, en l'occurrence dès l'école maternelle.* »

La préoccupation d'instruire les plus jeunes sur le monde qui les entoure n'est pas nouvelle en France, puisqu'au début de l'enseignement des sciences à l'école, les "petits" ont été les premiers bénéficiaires de ce qui fut dispensé à l'époque sous le nom de leçon de choses. Dès 1867, Marie Pape-Carpantier, l'une des principales responsables du développement de la préscolarisation française au XIXe siècle, et alors directrice à Paris de l'École normale des salles d'asiles - ancêtres des écoles maternelles - y introduit la leçon de choses. Dans l'un de ses premiers ouvrages, intitulé *L'enseignement pratique dans les écoles maternelles ou premières leçons à donner aux petits enfants* (Pape-Carpantier, 1849), les couleurs font l'objet d'une leçon, signe du caractère intemporel de cette thématique auprès des plus jeunes. Nous pouvons également citer Paul Bert (1881), scientifique et ministre de l'Instruction publique sous le gouvernement Gambetta qui, s'exprimant devant des enseignants, insista sur la nécessité de faire des sciences avec les jeunes enfants en prenant pour exemple les couleurs : « *Quand vous montrez à un petit enfant des objets noirs,*

⁵⁶ En 2005 est paru un nouveau document d'accompagnement des programmes d'enseignement de l'école maternelle, intitulé « *Découvrir le monde à l'école maternelle. Le vivant, la matière, les objets* » (Ministère de l'éducation nationale, 2005).

blancs, rouges, verts, et que vous lui demandez de nommer ces couleurs, que faites-vous, sinon lui enseigner les éléments des sciences naturelles (...). »

Dans les programmes actuels de l'école maternelle (Ministère de l'éducation nationale, 2002), les travaux autour de la couleur sont présents dans le domaine d'activités intitulé « découvrir le monde », notamment au travers de l'exploration des caractéristiques des objets et de l'observation des effets de la lumière. Ce thème de la couleur est donc susceptible d'être abordé aussi bien sous la forme "matière" que la forme "lumière". Concernant les mélanges, ils font aussi l'objet de situations de découverte, au travers de la manipulation des sirops ou des peintures. Il est difficile de connaître précisément les activités conduites dans ce domaine par les enseignants dans les classes des écoles maternelles. Un indicateur possible est le nombre d'échanges sur le forum du site Internet de la *main à la pâte*⁵⁷, où les enseignants ont la possibilité de poser des questions à des experts dans le domaine des sciences et de la technologie. Le thème de la couleur est porteur d'un nombre relativement important d'interrogations, ce qui laisse présager des activités en conséquence.

Une des questions traitées concerne la confusion relative aux deux systèmes de synthèse de la couleur. Cette confusion, que relève également Zana (1985) et qui souvent est entretenue au niveau de l'école, vient du fait que l'on présente aux enfants, à l'occasion des activités de peinture, le triplet jaune/rouge/bleu comme étant celui des couleurs primaires. Pour Tribollet⁵⁸, « *il n'y a pas de consensus sur le nom des couleurs. Il y a souvent confusion entre le triplet primaire de l'imprimeur Jaune-Magenta-Cyan avec l'ensemble Jaune-Rouge-Bleu souvent employé dans l'initiation pour la peinture à la gouache à l'école élémentaire (mais qui n'est pas un ensemble primaire pour la synthèse additive puisque le jaune contient du rouge et qu'il n'est pas possible de faire du vert par synthèse additive à partir de R, J, B).* »

Concernant les activités de peintures dans le cadre des arts graphiques, on peut penser sans se tromper qu'elles sont familières des jeunes élèves. Il est probablement difficile de trouver une classe d'école maternelle qui ne dispose pas d'un "coin peinture" où les enfants ont l'habitude de se rendre régulièrement pour toutes sortes de réalisations. On peut donc raisonnablement considérer que les enfants ont tous fait l'expérience, plus ou moins

⁵⁷ Voir : <http://www.inrp.fr/lamap/>

⁵⁸ Voir : <http://nte.univ-lyon1.fr/tribollet/SiteCouleurs/index.html>, qui propose des activités autour de la couleur à destination des enseignants.

Voir aussi : <http://nte.univ-lyon1.fr/tribollet/SiteLIRDHIST-Couleurs/QQlaCOULEUR.html>, qui propose des activités davantage "grand public", proposées par une équipe d'enseignants-chercheurs du LIRDHIST à l'occasion de la *Fête de la science* 2003.

fortuite, des mélanges de peintures, observant par exemple qu'en mixant du jaune et du vert (qui en toute rigueur devrait être du cyan), se forme peu à peu une nouvelle couleur, du bleu.

Les enfants ont certes réalisé et observé cette transformation liée au mélange. Le problème est de savoir si la transformation ainsi accomplie a pour eux un statut de concept scientifique, donc conscientisé, et auquel ils seraient en mesure de recourir pour résoudre certaines situations problèmes rencontrées. Ainsi, si l'on demande à des jeunes enfants de peindre en vert alors qu'il n'ont à leur disposition que les trois couleurs primaires, jaune, bleu (cyan) et rouge (magenta), sont-ils en mesure spontanément et délibérément, de recourir aux deux peintures appropriées pour en faire un mélange qui leur permettra d'obtenir du vert ? C'est à cette fin que nous avons utilisé le dispositif « dessine avec ton doigt ».

4.5 Tests de connaissance des couleurs proposés aux enfants

Comme nous le verrons dans le sous chapitre suivant (voir Chapitre 4.6), l'ensemble de la recherche s'est déroulé suivant deux études successives, au cours desquelles nous avons interviewé deux échantillons différents de participants. Dans la seconde étude, nous avons proposé aux enfants un entretien, avant la manipulation du dispositif dans l'exposition, dont l'objectif est double :

1. déterminer la capacité des enfants à prédire et réaliser un mélange de pigments colorés ;
2. évaluer leurs connaissances concernant les couleurs et s'affranchir d'un éventuel problème de perception visuelle.

4.5.1 Description des tests

Pour mener à bien ce second objectif, un expérimentateur a fait passer aux enfants une série de trois courts tests, visant à vérifier leurs capacités à **nommer**, **discriminer** et **associer** différentes couleurs. Nous avons pour cela utilisé une feuille présentant six illustrations colorées chacune avec l'une des trois primaires ou leur complémentaire : jaune, cyan, magenta, bleu, rouge et vert. Des jetons cartonnés portant ces mêmes couleurs, ont également été utilisés pour le dernier test (voir Figure 4-7).



Figure 4-7. Test n°3 d'association des couleurs

Durant cet entretien pré-activité, l'expérimentateur a tenu auprès de chacun des enfants un discours établi selon un protocole prédéfini : il a enchaîné les trois tests l'un après l'autre, suivant l'ordre exposé dans le tableau ci-dessous (voir Tableau 4-1). L'ensemble était présenté comme un jeu aux enfants. Leurs réponses ont été notées au fur et à mesure de l'entretien sur des fiches individuelles (voir Annexe 4).

Objectif du test	Action de l'expérimentateur	Consigne donnée à l'enfant
1. Dénomination des couleurs	Désigne tour à tour chaque image	Nommer la couleur et la forme de chaque image désignée
2. Discrimination des couleurs	Nomme successivement la couleur de chaque image (dans un ordre différent du précédent)	Désigner l'image portant la couleur nommée
3. Association des couleurs	Distribue un à un des jetons colorés à l'enfant	Associer chaque jeton avec l'image ayant la même couleur

Tableau 4-1. Tests de connaissance des couleurs

4.5.2 Résultats des tests

Vingt-cinq enfants âgés de 3 ans 10 mois à 4 ans 10 mois ont été interviewés. Le test n°1, consistant à nommer les couleurs, est le seul test où certains enfants ont rencontré quelques difficultés, en raison d'un déficit de vocabulaire. Le "rouge" a été nommé "orange" par quelques enfants. Le "magenta" a en général été désigné par "rose" ou "violet". Quant au "cyan", les enfants ont eu recours aux qualificatifs "clair" ou "foncé", qu'ils ne maîtrisaient pas toujours. Le bleu cyan primaire et le bleu secondaire ont donc parfois fait l'objet de confusions. Les couleurs "verte" et "jaune" n'ont posé aucun problème.

Pour les tests n°2 et n°3, l'expérimentateur a employé les noms de couleurs utilisés par les enfants. Aucune difficulté n'a été observée, aussi bien pour les exercices de discrimination visuelle que d'association.

Ce test nous a permis de constater que les jeunes enfants étaient relativement habiles à manier le vocabulaire des couleurs, même si les noms de certaines teintes particulières ont parfois occasionné quelques hésitations. Par ailleurs, nous avons noté qu'aucun des enfants interviewés, n'avait de difficulté avérée de reconnaissance des couleurs. Il serait toutefois imprudent d'en déduire qu'aucun d'entre eux n'est atteint de daltonisme puisque cette déficience, peut prendre des formes très légères qui n'affectent que de façon minime la perception des nuances colorées (voir Annexe 1). Seul un test de vision colorée spécifique permettrait de s'en assurer.

4.6 Population et déroulement général

Du point de vue de la population sollicitée, l'intérêt de réaliser notre recherche dans une exposition, est de pouvoir nous inscrire dans un cadre familial de pratique informatique, où les adultes qui interviennent ne sont autres que les parents des enfants observés. Dans le domaine des technologies éducatives, les travaux faisant intervenir simultanément enfants et parents, sont suffisamment rares pour que cela soit souligné.

4.6.1 Population

Pour l'ensemble de la recherche, le public cible est constitué d'enfants en âge de visiter l'exposition des petits de la *Cité des enfants*, c'est-à-dire âgés d'au moins 2 ans et d'au plus 6 ans.

Concernant leur statut de visiteur, nous nous sommes adressé à des enfants venus effectuer une visite dans un cadre de loisir familial et non pas de sortie scolaire. La raison première de ce choix est qu'il existe très peu de travaux portant sur les technologies éducatives où la conduite de l'activité de l'enfant est confiée aux parents. Dans la très grande majorité des cas, comme nous l'avons déjà signalé, les enfants sont en autonomie face à la machine, et lorsqu'ils sont accompagnés ce sont généralement les enseignants ou éducateurs qui s'en chargent. Le fait d'observer les parents est susceptible de nous donner un aperçu de leurs conduites dans un cadre privé d'utilisation des outils informatiques avec leur(s) enfant(s). Par ailleurs, l'intérêt de s'adresser à des enfants non issus de groupes scolaires, est non seulement de pouvoir constituer des échantillons hétérogènes d'individus, aux plans social et culturel, mais aussi de travailler avec des sujets qui n'ont pas d'expérience collective commune, ce qui permet d'éviter les réponses stéréotypées. La

catégorie des professions intermédiaires (employés, ouvriers) est davantage représentée parmi les visiteurs de la *Cité des enfants* que dans l'ensemble des autres expositions scientifiques (De Mengin, 1993). Comme le rappelle Guichard (2000), les visites familiales y sont déclenchées par le plaisir d'apprendre en famille, plaisir de découvrir un lieu où la science ne fait pas peur car elle est expliquée aux enfants ; les adultes n'ont donc pas l'appréhension d'être mis en échec (Chaumier, Casanova & Habib, 1995). Enfin, dernière raison, à la *Cité des sciences*, les individuels représentent deux tiers des visiteurs fréquentant les expositions pour enfants (*Département évaluation et prospective*, 2005), contre un tiers constitué de visiteurs venus en groupes (scolaires ou autres). Il nous semblait donc plus pertinent de faire porter notre recherche sur ce type de public.

Concernant le genre des enfants interviewés, nous avons signalé dans le Chapitre 1, en référence aux expériences réalisées à l'époque de LOGO, qu'il n'apparaît pas de différences significatives entre garçons et filles d'âge préscolaire, en terme d'intérêt pour les activités et d'utilisation des outils informatiques. Aujourd'hui, de nouveaux travaux viennent apporter un complément d'informations. Lorsque les enfants ont le choix entre plusieurs types d'activités, il pourrait y avoir des différences d'intérêt et d'utilisation, dès le plus jeune âge, entre garçons et filles. Mais les résultats sont contradictoires selon les recherches, comme le remarquent Plowman et Stephen (2003, p. 154) : « *Jessen (1997) signale des différences selon les genres dès l'âge de 3-4 ans, lors de l'utilisation des ordinateurs dans les jardins d'enfants, mais Downes (2002) pour sa part constate que de telles différences n'étaient pas signalées dans les publications de recherches plus récentes.* »⁵⁹ Passig et Levig (1999) ont montré quant à eux des différences d'intérêt et d'attitudes, toujours chez de très jeunes enfants, selon des aspects purement formels relatifs à l'interface présentée : taille, forme, couleur, quantité d'icônes, présence de son, de vidéos, etc.

Pour notre part, nous allons nous appuyer sur une recherche précédemment citée (Klein, Nir-Gal & Darom, 2000). Celle-ci, visant à évaluer l'impact de l'intervention de l'adulte auprès d'enfants en bas âge au cours d'activités avec ordinateur, confirme l'absence de différence en terme d'impact cognitif. Cette recherche apporte par ailleurs d'autres éléments intéressants : « *Aucunes différences selon le genre, l'origine ethnique et le niveau d'éducation parentale n'ont été trouvées dans la recherche en cours. En d'autres termes,*

⁵⁹ « *Jessen (1997) reports gender differences in how children use computers in kindergartens as early as ages 3–4 but Downes (2002) reports that gender differences were not as marked as in earlier published research.* »

l'intervention a eu des effets sur tous les enfants, indépendamment de la diversité démographique. » ⁶⁰ (Klein, Nir-Gal, Darom, 2000, p. 603)

Dans notre recherche, nous n'avons donc pas considéré le sexe comme un facteur déterminant vis-à-vis des résultats que nous allons obtenir. Le choix des enfants s'est fait uniquement selon des critères visuels d'appartenance à la tranche d'âge souhaitée. Ils ont été sollicités avec leurs parents, soit une fois entrés dans l'exposition, soit durant leur attente avant l'entrée, sachant que les visites des expositions de la *Cité des enfants* s'effectuent selon des séances d'une heure trente, à raison de quatre ou cinq séances par jour. Au total, quarante-cinq enfants ont été interviewés.

4.6.2 Déroulement général

Rappelons que notre recherche vise à déterminer l'impact cognitif d'un simulateur informatique, présenté dans une exposition scientifique pour enfants âgés de 3 à 6 ans. Afin de déterminer le poids relatif des différents facteurs susceptibles de jouer un rôle, aux plans inter-cognitif et intra-cognitif, nous les avons tour à tour isolés, au cours de deux études successives.

Dans un premier temps, nous avons fixé les déterminants d'ordre inter-cognitif. Pour ce faire, les enfants interviewés au cours de la première étude, ont bénéficié de conditions uniformes et favorables d'accompagnement : ils ont été guidés par un même adulte, médiateur de l'exposition, durant la découverte du dispositif de simulation. La relation de tutelle étant relativement identique pour tous, les seuls critères susceptibles d'être déterminants étaient d'ordre intra-cognitifs. Cette première étude a donc été réalisée dans un contexte expérimental de manipulation, au sens où les enfants n'ont pas été accompagnés d'un de leurs parents au cours de l'activité - comme cela se produit d'ordinaire dans l'exposition -, mais d'un tuteur expert. L'étude, qui a porté sur un échantillon de vingt enfants, nous a permis d'identifier parmi eux, ceux qui étaient susceptibles de bénéficier de l'utilisation du simulateur, dans des conditions d'accompagnement favorisant la transmission des connaissances. La description, l'analyse et les résultats de cette première étude sont présentés dans le Chapitre 5.

Dans un second temps, nous avons souhaité déterminer l'influence des facteurs d'ordre inter-cognitif. Pour cela, nous avons réalisé la seconde étude dans un contexte naturel de visite, au cours duquel il a été fait appel aux parents pour accompagner leur enfant lors de l'activité. Un second échantillon de vingt-cinq enfants a été sollicité en tenant compte des

⁶⁰ « *No differential effects for gender, ethnic origin and parental level of educational were found in the current study. In other words, the intervention effected all children, regardless of demographic diversity.* »

résultats de la première étude, c'est-à-dire qu'il a été constitué d'enfants susceptibles de bénéficier des apports du simulateur, du point de vue des déterminants intra-cognitifs. De ce second échantillon, un groupe d'enfants (groupe "parents") a bénéficié de la tutelle des parents et un autre groupe (groupe "médiateur") a bénéficié à nouveau de la tutelle d'un médiateur expert. A partir de l'observation des parents, et en regard de la conduite du tuteur expert, nous avons tenté de déterminer l'impact du simulateur dans des conditions naturelles d'utilisation. La description, l'analyse et les résultats de cette seconde étude sont donnés dans le Chapitre 6.

Enfin, dans un dernier temps, nous avons appliqué le modèle du *carré médiatique* à chaque interaction parent/enfant, afin de caractériser chacune d'elles du point de vue des critères retenus (voir Chapitre 3). La caractérisation de chaque interaction dyadique au cours de la manipulation du simulateur informatique, mise en regard des résultats obtenus par les enfants, nous a permis de dégager différents éléments susceptibles d'être déterminants en terme d'impact auprès des enfants. Ce dernier volet de la recherche est présenté dans le Chapitre 7.

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail le dispositif médiatique sur lequel nous nous sommes appuyé pour l'ensemble de notre recherche. L'intérêt que nous lui avons trouvé est qu'il rend compte de manière figurative et dynamique d'un processus familial aux enfants : le mélange des couleurs tel qu'il se réalise avec des pigments. Nous avons vu que le thème des couleurs est porteur de situations d'apprentissages en sciences, mais qu'il convient d'avoir à l'esprit le système de synthèse auxquelles ces situations font référence. Concernant le second échantillon d'enfants interviewés, et auquel nous avons proposé la série de tests de reconnaissance des couleurs, nous n'avons pas noté de difficultés particulières susceptibles de les gêner pour la suite des activités constituant notre recherche.

Concernant le public cible de notre recherche, nous nous sommes adressé à des enfants venus en visite de type familiale. La très grande majorité des travaux sur les technologies éducatives ayant lieu dans le contexte scolaire, nous avons peu de données sur la manière dont les parents accompagnent leurs enfants au cours d'une activité informatique. C'est pourquoi nous avons considéré qu'il était d'autant plus intéressant de nous adresser à un public familial. Par ailleurs, en référence à différentes recherches, nous avons fait le choix de ne pas distinguer les enfants selon le sexe ou leur origine socio-culturelle. Le seul critère déterminant que nous avons retenu est celui de l'âge.

Chapitre 5 - Identification des enfants susceptibles de bénéficier du simulateur au plan cognitif

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous allons présenter la première des deux études constituant le volet empirique de notre recherche. Dans cette première étude, nous avons tenté de déterminer l'impact du simulateur dans des conditions expérimentales de manipulation, en faisant intervenir un tuteur expert auprès des enfants interviewés. A partir d'un échantillon de vingt participants en âge de visiter l'exposition, les entretiens et observations réalisés nous ont conduit à formuler l'hypothèse suivante : dans des conditions favorables et uniformes d'accompagnement, c'est à partir d'un âge que nous avons identifié aux alentours de 4 ans, que les enfants sont susceptibles de tirer parti du simulateur au plan cognitif.

5.1 Objectifs de l'étude

Dans ce premier volet de la recherche, notre objectif est d'identifier, parmi les enfants en âge de visiter l'exposition des petits, ceux susceptibles de tirer profit du simulateur, sur la base de facteurs d'ordre essentiellement intra-cognitif. Afin que seuls ces facteurs interviennent, l'échantillon d'enfants, retenu pour cette première étude, a été amené à manipuler le dispositif informatique dans des conditions uniformes et favorables d'accompagnement. Pour établir ces conditions, c'est-à-dire pour que la relation de "guidage" de la part de l'adulte soit à la fois identique pour tous ⁶¹ et favorable en terme de transmission des connaissances, les enfants ont bénéficié de la tutelle, non pas d'un de leurs parents comme cela se produit dans le cadre d'une visite familiale, mais d'un même adulte, médiateur de l'exposition. Nous faisons l'hypothèse que, dans ces conditions expérimentales de manipulation, l'âge des enfants va être déterminant quant à l'impact de l'utilisation du simulateur. Concernant les facteurs d'ordre inter-cognitif, ce n'est que dans la seconde étude (voir Chapitre 6) que nous nous intéresserons aux effets de la tutelle déployée par les parents.

Afin de déterminer l'apport au plan cognitif de l'utilisation du simulateur, nous allons nous appuyer sur la théorie de la représentation proposée par Vergnaud (1987). Celle-ci rend compte au plan psychique, des relations que doit construire le sujet pour pouvoir compren-

⁶¹ Autant qu'il est possible, tout du moins.

dre et interpréter les situations, communiquer à leur sujet, faire des prédictions, des inférences, etc. Vergnaud distingue trois registres de fonctionnement, celui des actions sur les objets, celui des représentations mentales et celui des représentations symboliques. Les processus cognitifs mis en jeu dans la formation des concepts supposent des articulations et des mises en correspondance entre ces trois registres, qui pour le sujet ne s'imposent pas toujours (Weil-Barais, 1999). « *Ce cadre théorique retient du constructivisme piagétien le caractère adaptatif des transformations du psychisme : la transformation des structures cognitives résulte de l'activité du sujet confronté à des problèmes. Vergnaud lui adjoint, rejoignant sur ce point Vygotski, le registre des représentations symboliques (langage naturel, schémas, langage mathématique, etc.) et les jeux de traduction entre ces systèmes de représentation. Vergnaud postule des relations d'homomorphisme entre le plan de la réalité et le plan de la représentation.* » (Weil-Barais, 2004, p. 28).

L'enfant, confronté à l'interface du logiciel de simulation et bénéficiant de la parole de l'adulte, est supposé extraire de ces systèmes de représentations symboliques des informations pertinentes pour agir dans le monde des objets. Compte tenu du cadre théorique proposé par Vergnaud, ce processus mental suppose de la part de l'enfant, la mise en relation des systèmes de représentations avec les aspects de la réalité représentée.

Comme nous l'avons dit dans le Chapitre 3, la difficulté essentielle en matière de dispositifs médiatiques, réside dans l'évaluation de leurs impacts et dans la détermination des critères de mesures. Il est nécessaire pour cela de définir des observables, des indicateurs d'impacts opérationnels, repérables à l'aide d'outils spécifiquement destinés à cet effet. Dans le cadre de cette recherche, nous allons mesurer l'impact du dispositif de simulation à travers la mise à jour du lien susceptible d'être établi par l'enfant entre systèmes de représentations symboliques et référents empiriques. Nous faisons l'hypothèse que si ce lien est réalisé, l'impact que nous attendons du dispositif médiatique est atteint. En revanche, si la mise à jour n'est pas établie, nous considérons que l'impact visé n'est pas atteint. Comme nous l'avons dit précédemment, nous pensons que l'âge des enfants va être le facteur déterminant.

5.2 Descriptif de l'étude

Afin de mettre à jour le lien susceptible d'être établi par l'enfant entre les systèmes de représentations symboliques et le monde physique, nous avons procédé en deux étapes. Dans un premier temps, l'enfant a été amené à utiliser le simulateur informatique sous la conduite d'un tuteur expert, en vue d'appréhender dans sa dimension relationnelle, la transformation relative au mélange des pigments colorés. Dans un second temps, il a été

confronté à une situation problème faisant intervenir des objets physiques, du matériel de peinture, semblables à ceux manipulés via l'interface du logiciel. Pour conduire cet entretien, nous avons utilisé la méthode d'expérimentation/compréhension.

Le déroulement de l'étude est synthétisé dans la Figure ci-dessous (voir Figure 5-1).

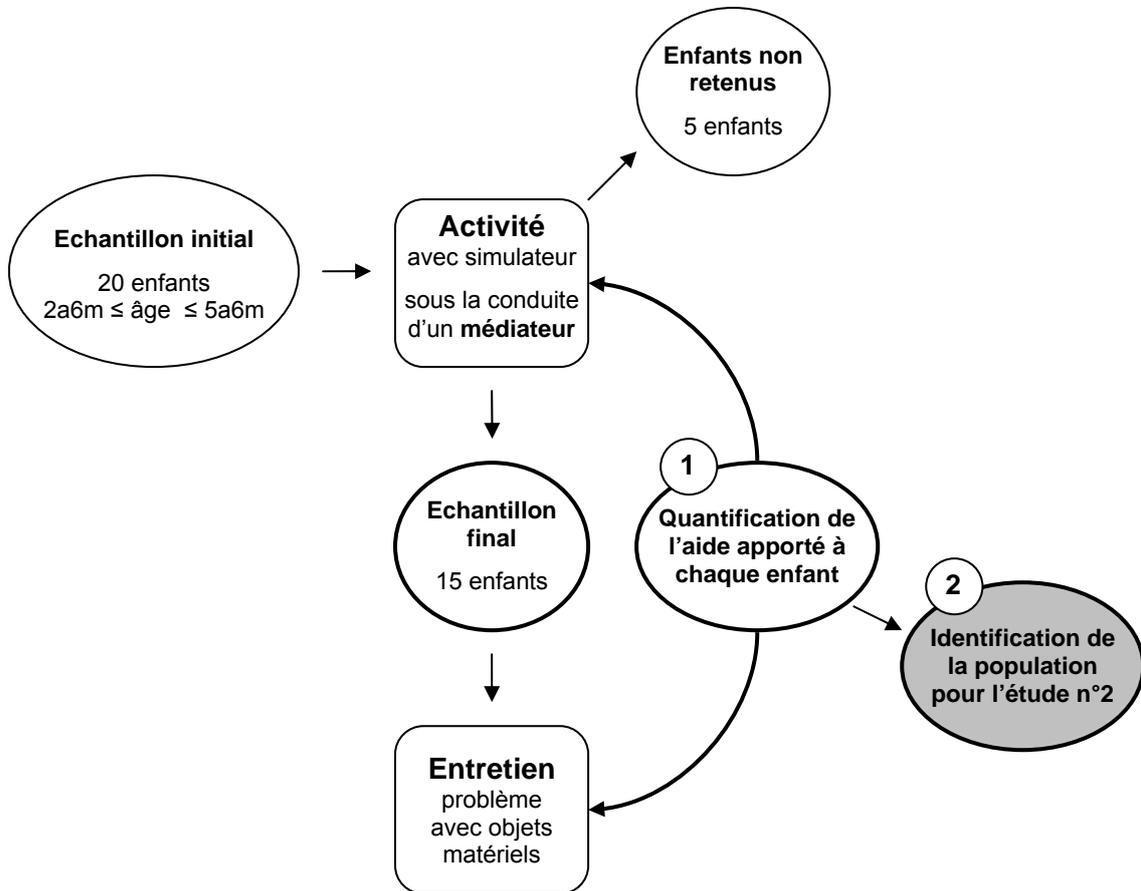


Figure 5-1. Plan d'observation (première étude)

5.2.1 Population

Pour l'ensemble de la recherche, le public cible est constitué d'enfants en âge de visiter l'exposition des petits de la *Cité des enfants*, c'est-à-dire âgés d'au moins 2 ans et d'au plus 6 ans. Pour cette étude préparatoire, vingt enfants âgés de 2 ans 6 mois à 5 ans 4 mois ont été sollicités (voir Tableau 5-1).

Tranche d'âge	2a6m ≤ ... < 3a6m	3a6m ≤ ... < 4a6m	4a6m ≤ ... < 5a6m
Nombre d'enfants	7	5	8

Tableau 5-1. Répartition des enfants interviewés par tranche d'âge d'une année.

Ils ont été choisis parmi des visiteurs individuels selon des critères visuels d'appartenance à la tranche d'âge retenue. Les enfants et leurs parents ont été sollicités au cours de séances de visites se déroulant à différents moments de la journée, matin et après-midi. Les parents sont informés du motif de l'étude, des conditions de sa mise en œuvre et du fait que les enfants vont être filmés. Dans le chapitre suivant (voir Chapitre 6), nous insisterons sur les difficultés d'ordre méthodologique liées à ce type d'approche. Les enfants choisis venaient ou non, en première visite. Ceux qui connaissaient l'exposition ne se rappelaient pas, ou peu, de l'élément d'exposition « dessine avec ton doigt ».

5.2.2 Déroutement face au dispositif de simulation

L'activité de l'enfant face au dispositif multimédia est conduite par un tuteur expert, médiateur scientifique de la *Cité des enfants*. Son expertise est liée à sa connaissance préalable du dispositif, mais aussi à la nature de son interaction avec l'enfant, aussi bien en terme de discours que de conduite. Celle-ci répond aux critères énoncés par Bruner (1983) pour caractériser l'interaction de tutelle. Le tuteur a la fonction de mobiliser l'attention de l'enfant sur des aspects spécifiques de l'activité : il pose des questions ouvertes, participe, relance, observe tout en laissant l'initiative. L'objectif final est que l'enfant soit en mesure de réaliser seul des mélanges de couleurs à l'aide du simulateur.

L'intervention du tuteur a fait l'objet d'une convention préalable. Tout en s'adaptant aux besoins individuels des enfants, il conserve une similitude de procédure d'un enfant à l'autre, en respectant un enchaînement selon trois phases, la première étant centrée sur la fonction "peinture" du simulateur, les deux autres étant centrées sur la fonction "mélange". Après une phase de découverte et d'utilisation des pots de peinture, suivent une phase portant spécifiquement sur les tubes de peinture et une troisième phase de renforcement par un jeu de questions/réponses. Au cours de chacune de ces phases, le médiateur va tenter d'établir le lien entre la situation virtuelle et la situation réelle représentée, tout en mettant en lumière les différences entre les deux, c'est-à-dire les correspondances positives et négatives entre le modèle et la réalité, comme le propose Teodoro (1990).

Préalablement, afin d'installer la situation, d'introduire l'activité mais aussi de cerner son expérience et ses connaissances relatives au domaine de connaissances, le tuteur mène un entretien verbal avec l'enfant, entretien non médiatisé par l'instrument (phase 0). Certaines questions seront posées relativement au dispositif. Concernant les noms des couleurs, le médiateur "s'aligne" sur ceux donnés par l'enfant, afin de ne pas le perturber avec des termes qu'il ne connaîtrait pas. L'objectif n'est pas centré sur les couleurs mais sur la transformation relative au mélange.

Phase 0 : mise en situation et présentation de l'activité (temps estimé : 2 mn)

« Bonjour, tu es déjà venu à la *Cité des enfants* ? Tu le connais ce jeu (en désignant « dessine avec ton doigt ») ? Tu fais de la peinture à l'école ? À la maison ? Tu as déjà mélangé des peintures ? Qu'est-ce qui se passe quand on en mélange ? A quoi ça sert ?

Phase 1 : découverte des pots de peinture présents à l'écran (temps estimé : 3 mn)

Discours de l'adulte médiateur	Réponses/attitudes attendues
« Qu'est-ce que tu dois faire ? »	« Dessiner / peindre / colorier avec mon doigt sur l'écran »
« Tu fais de la peinture à l'école ? à la maison ? » « Là c'est comme avec des vraies peintures, sauf que tu travailles sur un écran »	« Oui/non » ...
« Est-ce que tu peux me dire quelles sont ces couleurs ? » (en désignant les pots de peinture en bas de l'écran)	« Rouge, bleu, vert, jaune, noir et blanc »
« Comment tu vas faire ? »	« Appuyer avec mon doigt sur un pot de peinture et ensuite colorier l'écran »
« Tu veux essayer ? »	L'enfant découvre le jeu pendant deux à trois minutes
« Tu vois, il y a une différence avec la vraie peinture : ici sur la feuille, les couleurs ne se mélangent pas quand tu les mets ensemble »	...

Phase 2 : découverte des 3 tubes de peinture sur la droite de l'écran (temps estimé : 2 mn)

Discours de l'adulte médiateur	Réponses/attitudes attendues
« Maintenant on va s'intéresser à ces trois tubes. De quelle couleur sont-ils ? »	« Jaune, rose (rouge magenta), bleu (bleu cyan) »
« Regarde ce pot vide en dessous des tubes, à quoi sert-il ? »	L'enfant manipule un tube : en tapotant dessus à l'écran, le tube se vide goutte par goutte dans le pot qui prend la couleur de la peinture.
« Et si on vidait plusieurs tubes en même temps, à ton avis qu'est-ce qu'il se passe ? »	« Je sais/je ne sais pas »
« Tu veux essayer ? »	L'enfant manipule librement

Phase 3 : mélange de peintures et obtention de nouvelles couleurs (temps estimé : 4 mn)

Discours de l'adulte médiateur	Réponses/attitudes attendues
« On va regarder ce qu'il se passe si on en vide deux tubes en même temps. Tu veux essayer ? »	L'enfant essaie.
« Qu'est-ce qu'il se passe au fur et à mesure que tu appuies sur les tubes ? Pourquoi ? »	« On obtient une autre couleur »
« Tu savais qu'en mélangeant des couleurs différentes on en obtenait une nouvelle ? »	« Oui/non »
« Tu as déjà fait des mélange avec de la vraie peinture ? »	« Oui/non »
« Maintenant quel mélange tu devrais faire pour obtenir du vert ? Avec la vraie peinture il faut prendre quelles couleurs ? »	L'enfant manipule.
« Et si tu essayais maintenant de mélanger d'autre couleurs ? »	L'enfant essaie et obtient de nouvelles couleurs.
« Tu te souviens de ce qu'il faut mélanger pour obtenir le vert ? »	« Du jaune et du bleu »
« Tu veux réessayer ? »	L'enfant essaie à nouveau.

La dernière phase de l'activité a pour objet de faire appréhender aux enfants la transformation liée au mélange des peintures, en mettant l'accent sur la propriété modifiée au cours de cette transformation : la couleur. Les questions posées visent à faire saisir l'articulation entre les deux états de la transformation, en partant soit de l'état initial (« *Si je mélange deux couleurs, que se passe-t-il ?* »), soit de l'état final (« *Si je veux obtenir une nouvelle couleur, que faire ?* »). Lorsque l'enfant est capable seul, d'envisager le recours au mélange en réponse à cette dernière question, et de produire ce mélange, l'activité prend fin.

Bien sûr cette trame, qui constitue un fil conducteur pour le médiateur, est liée aux réponses attendues. Comme nous l'avons dit précédemment, celui-ci doit également s'adapter à chaque enfant, et doit donc être capable de s'écarter de ce guide tout en gardant à l'esprit l'objectif final de l'activité.

Celle-ci prend fin une fois l'enfant en mesure de réaliser seul des mélanges de couleurs à l'aide du simulateur. L'expérimentation se poursuit alors dans un atelier d'animation tout proche, pour réaliser la deuxième étape de l'étude, en situation réelle avec de vraies peintures.

5.2.3 Déroulement de l'entretien face aux objets physiques

Au cours de l'entretien qui suit l'activité, l'enfant est confronté à des objets matériels - une feuille de dessin et trois tubes de peinture des couleurs primaires, jaune, cyan et magenta - semblables à ceux manipulés via l'interface du logiciel de simulation. Cette activité est présentée à l'enfant comme un jeu faisant suite à la manipulation du simulateur. Après un temps d'appropriation, l'enfant est confronté à un problème, énoncé par l'expérimentateur : « *Tu vois cette pomme verte, est-ce que tu pourrais peindre la même sur la feuille ?* » Pour préciser ce que nous entendons par "problème", nous retiendrons la définition qu'en donne Weil-Barais (1999, p. 562) :

« *Nous entendons par problème, toute situation qui se caractérise par :*

- *un ensemble de données (des objets matériels, des actions, des événements, des représentations symboliques linguistiques, graphiques, mathématiques, etc.) ;*
- *un ensemble de questions qui précisent le but à atteindre ;*
- *un ensemble de contraintes qui délimitent les actions du sujet. »*

Le problème que nous posons à l'enfant présente ces caractéristiques. L'enfant a à sa disposition un certain nombre d'objets matériels pour peindre, un but à atteindre qui est de dessiner en vert et un contrainte majeure : il n'a pas de peinture verte. La question qui se pose ici est de savoir si l'enfant va faire le lien avec l'activité précédemment réalisée sur simulateur, en l'occurrence recourir au jaune et au cyan, pour résoudre ce problème.

Le rôle de l'expérimentateur, durant cet entretien, consiste à soutenir son activité par une suite de relances d'intensité croissante, jusqu'à la résolution du problème. Cette suite d'aides, destinée à déterminer le niveau de disponibilité de chaque enfant à effectuer la mise en relation entre l'activité sur simulateur et l'expérience avec des objets réels, a été consignée dans une fiche-outil individuelle. L'hypothèse que nous faisons est qu'il y a un lien entre le nombre de relances nécessaires et la capacité de l'enfant à mettre en relation les deux formes d'activités.

Nous avons distingué deux niveaux de relances, "explicite" et "non explicite", selon leur pouvoir plus ou moins évocateur pour l'enfant de son activité sur l'ordinateur (voir Fiche-outil p. 126). Trois relances successives sont susceptibles d'être délivrées par l'expérimentateur, dans un même ordre, au fur et à mesure des difficultés rencontrées par l'enfant pour parvenir au résultat. Les relances étant d'intensités graduelles, elles permettent de quantifier l'aide apportée à chaque enfant dans la résolution du problème.

- La première relance est verbale et "non explicite", au sens où elle ne renvoie pas précisément à l'activité précédente c'est-à-dire au vécu de l'enfant, mais évoque le

concept de transformation en mettant l'accent sur l'état initial de la transformation :
« Est-ce que tu ne peux pas faire du vert avec ces couleurs ? (en référence aux tubes de peinture qui se trouvent devant l'enfant) ».

- La seconde relance également verbale est "explicite", autrement dit en lien direct avec la première activité : « Tu te souviens de ce qu'on a fait tout à l'heure avec l'ordinateur ? Comment as-tu fait pour obtenir du vert ? ».
- La troisième et dernière relance est également "explicite" et s'appuie de plus sur un support visuel qui est la capture d'écran du jeu informatique : « Regarde l'image de l'écran de l'ordinateur sur lequel on a joué tout à l'heure. Qu'est-ce que tu as fait pour obtenir du vert ? »

La fiche-outil a permis ainsi un contrôle des aides apportées à l'enfant et une quantification de celles-ci, considérée comme un indicateur de sa capacité à faire le lien entre des informations traitées à l'écran d'un ordinateur et des perceptions et des actions sur des objets réels. En la complétant nous avons pu retracer, par un parcours fléché, l'évolution de leur pensée pour parvenir à la solution.

5.2.4 Les outils de recueil des données : enregistrements et fiche-outil

De façon à pouvoir relier les verbalisations et les actions des sujets, toutes les activités ont été enregistrées au moyen d'un caméscope. Les enfants, d'autant plus qu'ils sont jeunes, s'expriment davantage par l'action que par les mots. Les enfants ont été filmés par une tierce personne, mobile autour de ces derniers, ce qui a permis de saisir leurs conduites au plus près. Les films ont été transcrits et analysés selon des critères déterminés, avec analyse du verbal et du non verbal, de façon à apporter un complément d'informations quant aux attitudes des enfants.

A l'issue de chaque entretien, nous avons essayé autant que possible de revenir sur le déroulement de celui-ci, afin d'affiner le protocole suivi pour les entretiens suivants. Nous avons ainsi, en cours d'étude, reconsidéré et rectifié certaines consignes données aux enfants, après avoir pris en compte les difficultés qu'ils rencontraient. Rappelons, à cet égard, la réflexion de Bertaux (1980) sur l'importance de mener de front, le recueil d'entretiens et leur étude : « *Les enregistrements sont très peu maniables et il faut de toute évidence les transcrire. Mais cela pose de nouveaux problèmes. (...) Nous avons eu tendance en effet à effectuer les entretiens par grappes entières ; soit parce qu'un terrain, à la suite de longues démarches, nous devenait enfin accessible ; soit parce que nous étions en mission loin de chez nous et désirions engranger un maximum d'entretiens. Nous remettons la transcription et donc l'étude attentive des récits, à plus tard. Pour la suite nous nous sommes aperçus que nous avions posé plusieurs fois, dans des entretiens successifs, des questions dont*

la réponse nous avait été donnée sous forme indirecte dans les premiers entretiens, mais de façon trop tangentielle pour que nous en prenions conscience sur le moment. Si nous avons mené de front, plus encore que nous ne l'avons fait, le recueil d'entretiens et leur étude, nous aurions finalement gagné sur tous les plans. C'est pourquoi la transcription immédiate des entretiens, leur examen à chaud, et la totalisation du savoir sociologique au fur et à mesure qu'il s'accumule, paraissent la voie idéale. Elle s'améliore beaucoup le questionnement et permet sans doute de faire apparaître plus tôt la saturation ⁶². »

Un autre outil de recueil des données est la fiche-outil qui a une utilité double, en amont et en aval de chaque entretien. Elle a été conçue *a priori*, avant les entretiens, en prévision des conduites possibles de l'enfant après chaque intervention de l'expérimentateur. Elle a donc tenu lieu de protocole pour mener les interviews, offrant un guide au discours de l'adulte qui a ainsi pu adapter ses interventions en fonction des conduites de chaque enfant. Ainsi comme le fait apparaître la fiche-outil présentée ci-après (voir Figure 5-2), nous avons imaginé *a priori* cinq conduites possibles de la part de l'enfant, à l'énoncé du problème l'invitant à peindre avec une peinture d'une couleur qu'il ne possède pas :

1. L'enfant sait "comment faire" :
 - a. il propose le bon mélange, bleu (cyan) et jaune ;
 - b. il propose un mélange incorrect.

2. L'enfant ne sait pas "comment faire" :
 - a. il hésite et attend ;
 - b. il fait remarquer qu'il n'y a pas de vert ;
 - c. il propose de dessiner avec une autre couleur.

En fonction de la conduite observée parmi les cinq attendues, l'expérimentateur adapte son discours et adresse à l'enfant différentes relances censées l'orienter peu à peu vers la solution. A l'aide du dispositif « dessine avec ton doigt », nous souhaitons sensibiliser l'enfant au processus de transformation relatif au mélange des peintures et lui faire prendre conscience qu'il est possible de créer une peinture d'une couleur nouvelle avec des peintures d'autres couleurs. Notre objectif n'est pas de lui faire mémoriser des mélanges donnés sur la base de telle ou telle couleur. C'est pourquoi nous considérons que l'enfant qui a recours à la procédure de mélange réussit à résoudre le problème posé, et ce quelles que soient les couleurs utilisées.

⁶² « La rédaction des notes immédiatement après entretien, ainsi que la tenue d'un journal de terrain, ne peuvent suppléer qu'en partie à l'absence de transcriptions permettant la totalisation du savoir ; ces deux pratiques sont néanmoins fortement recommandées. »

La fiche a également servi de fiche-parcours, puisqu'elle nous a permis d'établir le nombre de relances adressées à chaque enfant. En la complétant à l'issue de l'entretien en salle pour chacun d'eux, nous avons tenté de retracer le parcours de leur pensée pour parvenir à la solution, compte tenu des relances que nous leur adressions. Le point de départ étant la consigne, la fiche fait apparaître par un parcours fléché toutes les étapes qui ponctuent la progression de chaque enfant jusqu'au résultat. Rappelons que les relances sont d'intensités graduelles et ont pour objet d'orienter peu à peu les enfants qui en auraient besoin vers la solution au problème posé. Plus le nombre de relances aura été important, plus la relation "objet symboliques/objets matériels" aura vraisemblablement été difficile à établir.

Notre hypothèse est que les enfants n'ayant bénéficié d'aucune relance explicite pour parvenir au mélange sont susceptibles d'avoir mis en correspondances les objets symboliques avec les aspects de la réalité auxquels ces objets renvoient. Ils n'ont pas eu besoin d'élément déclencheur véhiculé par la parole ou par l'image de l'écran, pour recourir aux connaissances explicitées au cours de l'activité informatique. En revanche, concernant les enfant ayant bénéficié d'au moins une relance explicite renvoyant précisément à l'activité sur ordinateur, nous considérons qu'ils n'ont pas mis en relation l'expérience réelle avec l'expérience virtuelle.

Nous pouvons distinguer cinq profils différents selon le nombre de relances nécessaires à l'enfant pour parvenir à la solution au problème posé :

- | | | |
|---|---|--------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Mélange réalisé
Nombre de relances : aucune 2. Mélange réalisé
Nombre de relances : 1 non explicite | } | Mise en correspondance effectuée |
| <ul style="list-style-type: none"> 3. Mélange réalisé
Nombre de relances : 1 non explicite + 1 explicite 4. Mélange réalisé
Nombre de relances : 1 non explicite + 2 explicites 5. Mélange non réalisé | } | Mise en correspondance non effectuée |

PHASE I

Mise en situation

« - On va faire de la peinture. Regarde, j'aimerais que tu dessines une pomme verte comme celle là. Tu as tout ce qu'il te faut, la feuille est devant toi, 3 tubes de peinture et des pinceaux. Tu peux commencer. »

1.1.a L'enfant propose un bon mélange

1.1.b L'enfant propose un mauvais mélange

1.2.a L'enfant hésite

1.2.b L'enfant fait remarquer qu'il n'y a pas de vert

1.2.c L'enfant veut colorier la pomme avec une autre couleur

Hypothèse 1 : le lien est réalisé

Validation : valider l'hypothèse 1 avec des demandes d'explications
« Tu peux expliquer ce que tu es en train de faire ? »

1.1.1. L'enfant explique qu'il effectue un mélange

1.1.2. L'enfant tâtonne sans savoir ce qu'il fait

Vérification : questionnement
« Comment sais-tu que l'on doit faire un mélange pour avoir une autre couleur ? »

Hypothèse 2 : le lien n'est pas réalisé

1.1.1.a. L'enfant explique qu'il a fait cela avant, devant l'ordinateur

1.1.1.b. L'enfant explique qu'il a déjà fait cela ailleurs : à l'école, à la maison, ...

FIN

FIN

Hypothèse 2 : le lien n'est pas réalisé

Prolongement : **une relance non explicite** va aider l'enfant à réaliser le lien
« Mais tu ne peux pas en faire du vert avec ces couleurs ?! (...) Essaie. »

1.2.1. L'enfant propose le bon mélange

1.2.2. L'enfant propose un mauvais mélange

1.2.3. L'enfant hésite encore

Hypothèse 1 : le lien est réalisé

Hypothèse 2 : le lien n'est pas réalisé

Prolongement : des relances explicites vont suivre

VOIR PHASE II

PHASE II

Première relance explicite

- « - Tu te souviens de ce qu'on a fait tout à l'heure ?
- Tu as aussi colorié une pomme verte.
- Tu te souviens comment tu as fait ? Le vert c'est toi qui l'as fait, tu te souviens comment ? »

2.1.a. L'enfant propose le bon mélange

2.1.b. L'enfant propose un mauvais mélange

Hypothèse 2 : le lien n'est pas réalisé : 2 relances ont été nécessaires

Validation : valider l'hypothèse 2 avec des demandes d'explications
« Tu peux expliquer ce que tu es en train de faire ? »

FIN

2.2. L'enfant hésite

Hypothèse 2 : le lien n'est pas réalisé

Prolongement : une **deuxième relance explicite** va aider l'enfant à réaliser le mélange : on présente à l'enfant l'image de l'écran imprimée sur feuille
« Tu t'en souviens ? C'est l'image de l'ordinateur sur lequel on a joué tout à l'heure. Qu'est-ce que tu as fait pour obtenir du vert ? »

2.2.1. L'enfant propose le bon mélange

2.2.2. L'enfant propose un mauvais mélange

2.2.3. L'enfant hésite encore

Hypothèse 2 : le transfert ne se fait pas : 3 relances ont été nécessaires

FIN

Hypothèse 2 : le lien n'est pas réalisé
L'animateur donne la solution à l'enfant
« Pour obtenir du vert, tu dois mélanger 2 couleurs. »

FIN

Figure 5-2. Fiche-outil complète

5.2.5 La méthode de l'expérimentation compréhensive

Selon Juan (1999), le rapport du chercheur au terrain peut être défini par une typologie issue d'une double tension : compréhension/explication et observation/expérimentation.

L'opposition compréhension/explication désigne la manière dont le chercheur considère ce qu'il étudie : le statut du sujet/objet de la recherche. Les individus, groupes, phénomènes étudiés sont-ils acteurs-sujets ou mécaniques-objets ? Leur comportement est-il symboliquement orienté, projeté par l'acteur et intelligible par le chercheur en tant que tel ou logique car décomposable en attributs explicables par des facteurs ? Le sens d'une action est-il tout ou partie dans la conscience des acteurs - on parlera alors de compréhension - ou plutôt dans les circonstances et l'environnement de leur action - il s'agit alors d'explication - ?

L'opposition observation/expérimentation désigne quant à elle le statut du chercheur par rapport à son objet : aux individus, groupes, phénomène étudiés. Dans l'observation, le chercheur n'a pas produit le matériau : il étudie les situations « naturelles » ou les objets créés par d'autres. Inversement, l'expérimentation produit le sens. Par des stimuli « contrôlés », le chercheur intervient sur les acteurs considérés comme les vecteurs de l'information et dont il traite les réponses. Dans cette méthode, il s'agit donc de stimuler le sujet pour faire émerger le sens de son action. Une des techniques pour parvenir à ce résultat est l'entretien.

Par des interventions successives de plus en plus explicites, nous voulons en effet déterminer le degré d'aide qu'il est nécessaire d'apporter à l'enfant pour qu'il réalise le lien entre la situation précédente et cette situation. Notre rôle durant cette seconde phase est donc celui d'un expérimentateur, agissant sur son sujet de recherche afin d'en recueillir des données pour en effectuer ensuite le traitement. L'entretien mené durant cette phase est de type piagétien. Pour Cuisinier *et al.* (1997), l'entretien piagétien se caractérise par une adaptation aux modes d'expression de l'enfant et par le souci de suivre le cheminement de sa pensée. Les questions posées aux enfants sont relatives à des dispositifs matériels susceptibles de transformations. Les questions sont essentiellement des demandes de prévisions, des demandes d'actions, des demandes de jugement ou de comparaisons, des demandes d'explications.

5.3 Résultats et analyse

Pour cette première étude, les résultats de cinq des vingt enfants participants n'ont pas été retenus. Deux enfants, parmi les plus jeunes, ont eu des attitudes d'inhibition face au mé-

diateur et de désintérêt vis-à-vis de l'activité proposée. Leurs résultats n'ont donc pas été pris en compte. C'est un risque encouru lorsqu'on travaille avec des sujets aussi jeunes ; nous reviendrons au cours de la discussion, sur la difficulté de déployer une procédure de tutelle auprès de très jeunes enfants.

Nous avons également écarté les résultats de trois enfants, pour lesquels la transformation liée au mélange était manifestement du domaine de l'acquis. Aux questions du médiateur relatives aux mélanges, ces enfants ont clairement montré qu'ils avaient des connaissances explicites sur le sujet et qu'ils avaient bien saisi qu'en l'absence d'une peinture de couleur donnée, la combinaison de différentes autres couleurs permet de l'obtenir. C'est avec les sujets les plus âgés que nous avons rencontré ce cas de figure.

Finalement les 15 enfants dont les résultats ont été analysés, se trouvent répartis comme suit selon les trois tranches d'âges (voir Tableau 5-2) :

Tranche d'âge	$2a6m \leq \dots < 3a6m$	$3a6m \leq \dots < 4a6m$	$4a6m \leq \dots < 5a6m$
Nombre d'enfants	5	5	5

Tableau 5-2. Répartition des enfants dont les résultats ont été analysés

5.3.1 Fiche-parcours individuelle

Nous avons tenté en élaborant le protocole, de prévoir les conduites des enfants après qu'ils aient pris connaissance de la consigne. Comme nous l'avons vu précédemment, nous avons considéré *a priori* qu'ils pourraient réagir de manières différentes et que cinq profils allaient se dégager à partir des réponses attendues. Nous avons pu effectivement constater en début d'entretien, que la conduite de chaque enfant coïncidait avec l'un de ces cinq modèles proposés.

Les fiches, complétées après transcription des entretiens, ont permis de déterminer pour chaque enfant si la mise en correspondance entre objets symboliques et objets réels était réalisée et le cas échéant le nombre de relances émises. Elles ont fait l'objet d'une présentation individuelle dans un travail précédent, de même que les transcriptions des entretiens (Bernard, 2003). Nous allons présenter ci-après les parcours réalisés par cinq enfants et qui correspondent chacun aux cinq profils prédéfinis (voir Figures 5-3 à 5-7). Le parcours de l'enfant sur chaque fiche est signalé par un tracé rouge, depuis sa première réaction jusqu'à l'issue du problème. Pour des raisons de lisibilité, les deux phases ont été synthétisées sur une même page, les interventions verbales ont été supprimées. Le nombre entre parenthèses après chaque enfant correspond à l'ordre de passage.

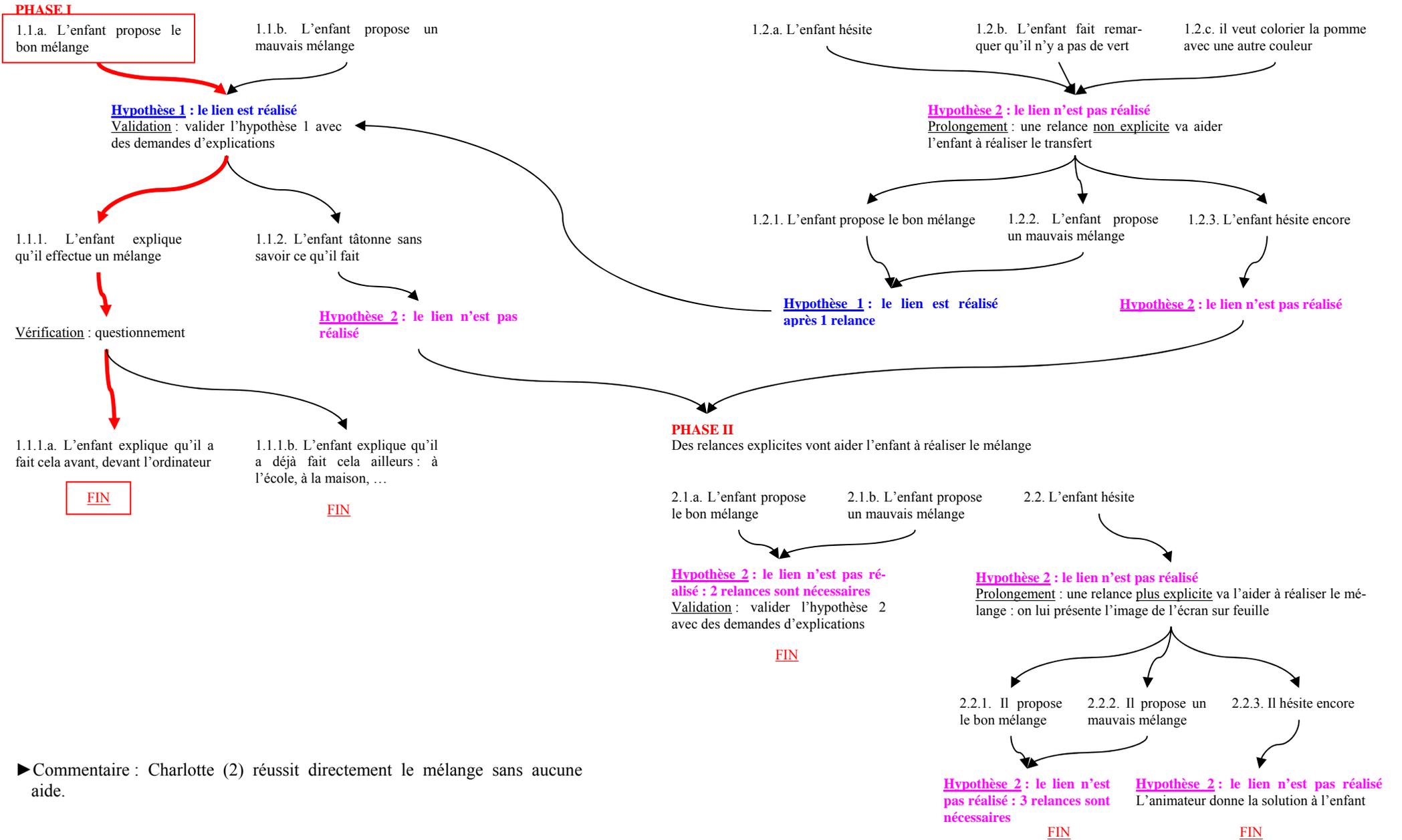


Figure 5-3. Fiche-parcours individuelle (Charlotte (2), 4a2m)

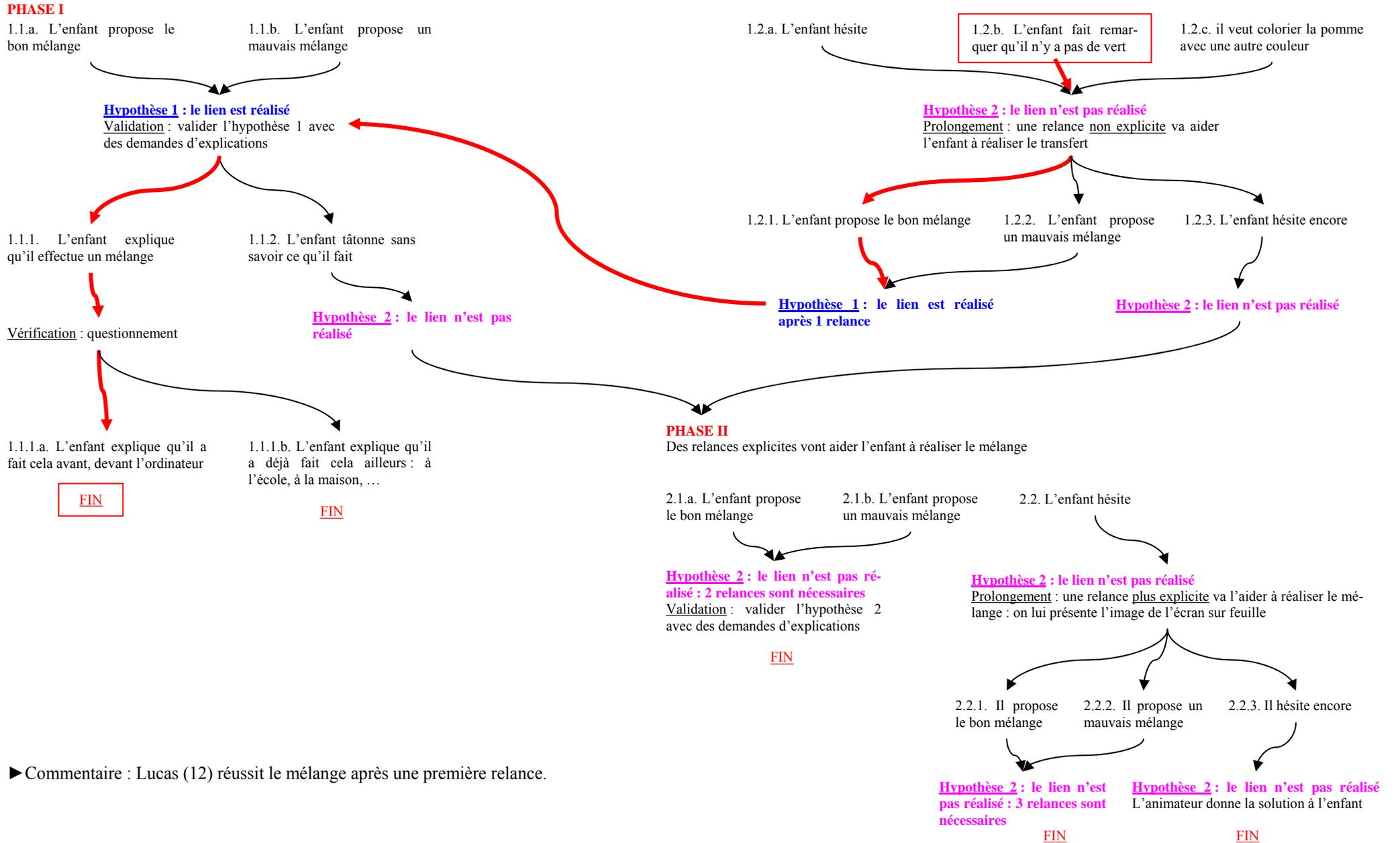
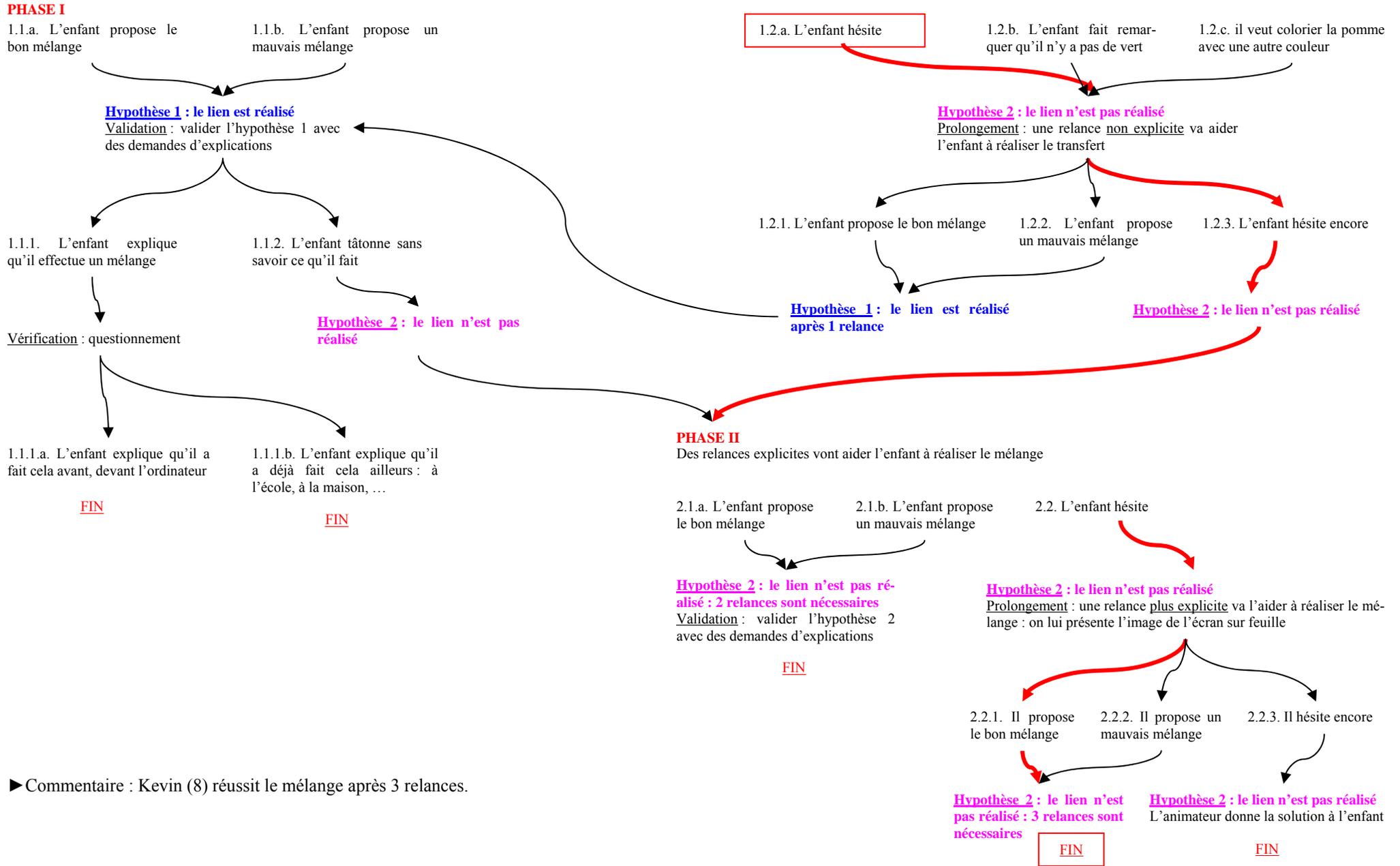


Figure 5-4. Fiche-parcours individuelle (Lucas (12), 4a6m)



► Commentaire : Kevin (8) réussit le mélange après 3 relances.

Figure 5-6. Fiche-parcours individuelle (Kevin (8), 4a2m)

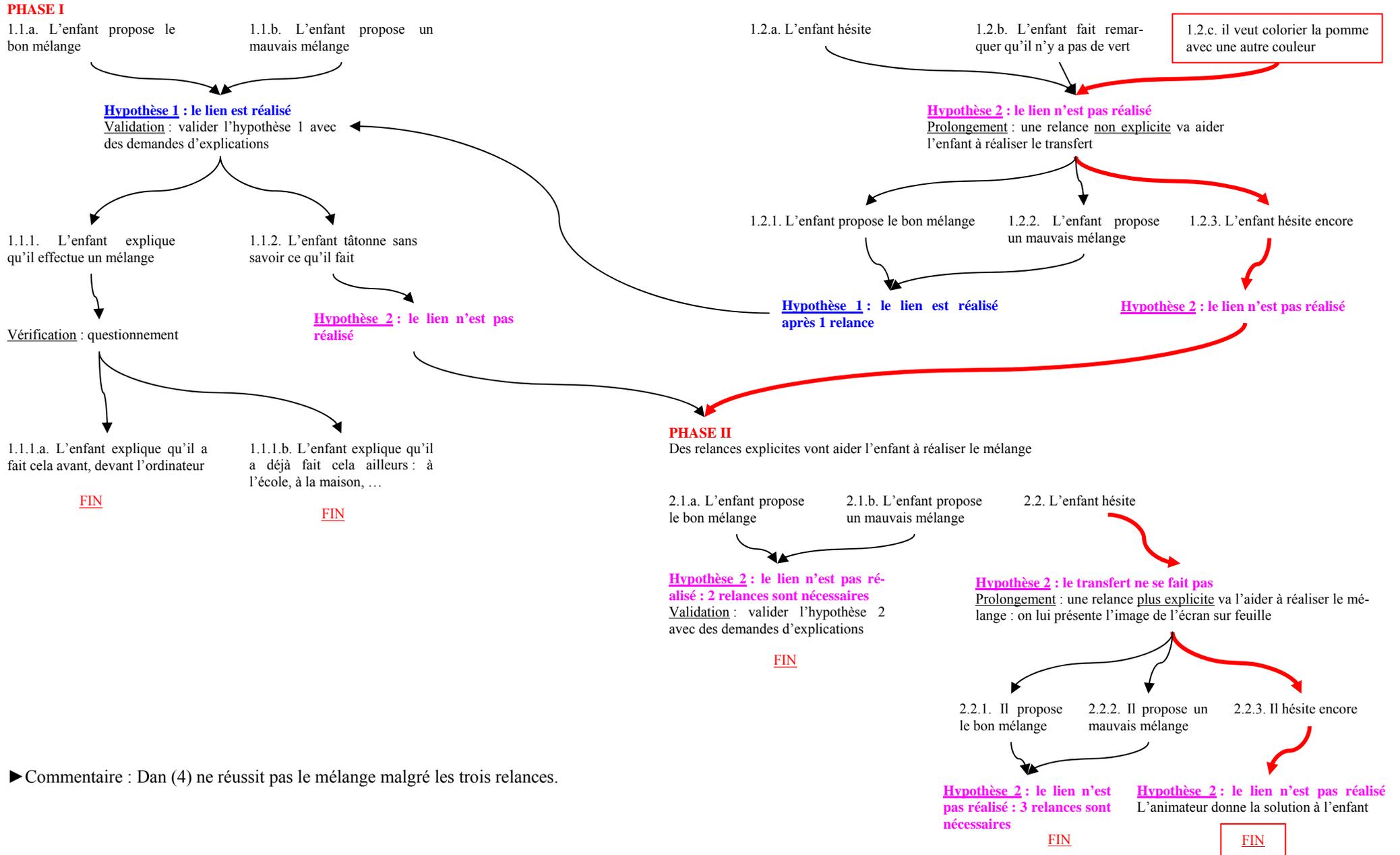


Figure 5-7. Fiche-parcours individuelle (Dan (4), 4a3m)

Les cinq exemples précédents donnent chacun un aperçu des cinq parcours réalisables par les enfants. Plus le parcours est long et ponctué d'étapes, plus l'enfant a eu besoin d'aides pour parvenir à la solution au problème posé.

5.3.2 Fiche-parcours synthétique

Pour présenter les résultats de manière globale, nous allons exposer une fiche-parcours synthétisant l'ensemble des parcours des 15 enfants retenus pour l'étude (voir Figure 5-8). Pour distinguer chaque enfant, une couleur différente leur a été attribuée. Plus la position du nom de l'enfant se trouve en haut à gauche du diagramme, plus il a eu de "facilité" à parvenir à la solution. Inversement, plus son nom se situe en bas à droite, plus il aura eu besoin d'aides.

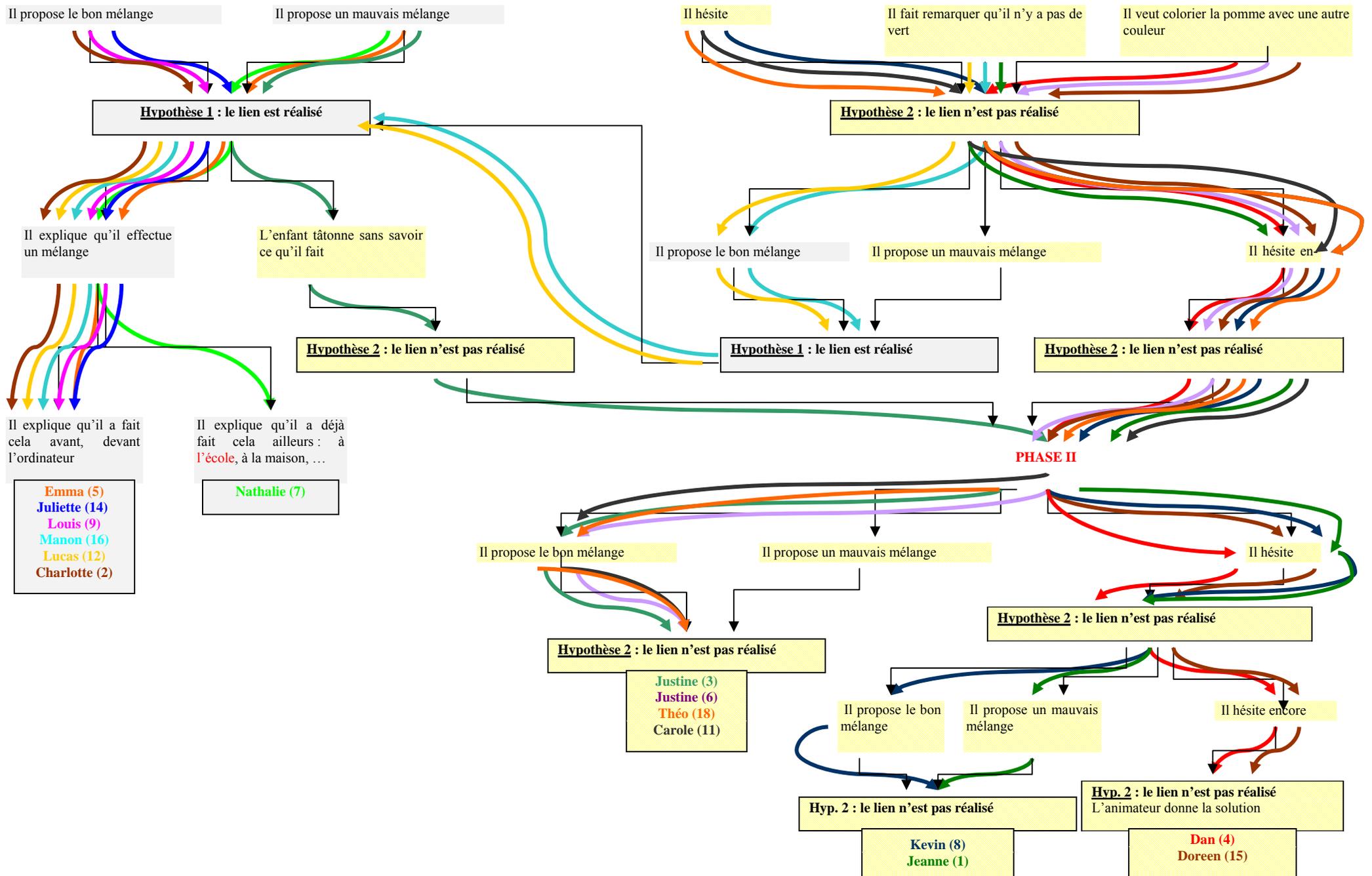


Figure 5-8. Fiche-parcours synthétique

Cette fiche-parcours synthétique donne une vision d'ensemble de l'évolution de chaque enfant pour parvenir à la solution au problème posé.

Certains enfants, comme Lucas (12) et Manon (16) n'ont pas trouvé immédiatement la solution au problème posé, mais ont su finalement quoi faire après la première relance. A l'inverse, Justine (3) a dans un premier temps proposé d'effectuer un mélange sans être en mesure d'expliquer son geste. Une demande d'explicitation a permis de pointer le manque d'intention véritable de l'enfant. Ces parcours non linéaires, au sens où les résultats finalement obtenus ne coïncident pas avec les réactions initiales, sont minoritaires. Dans la plupart des cas, comme nous l'indique la fiche-parcours, la première réaction de l'enfant est significative et présage de l'issue de l'entretien. Un enfant qui ne sait pas quoi faire, un fois la consigne énoncée, aura probablement des difficultés à trouver la solution au problème posé. Inversement, un enfant qui propose rapidement la bonne opération, a vraisemblablement des intentions qui le mèneront directement à la solution. Ce constat nous incite à penser que les relances n'ont qu'une incidence réduite sur le parcours intellectuel de l'enfant, dont le tracé se dessine dès la première réaction à l'énoncé du problème.

Le graphique ci-après (voir Figure 5-9) précise les résultats précédents en classant chacun des 15 enfants selon les 5 profils prédéfinis. Ceux-ci s'échelonnent donc, de 1 pour un mélange effectué sans relance, à 5 pour un mélange non effectué malgré les 3 relances proposées. Dans ce dernier cas, c'est l'expérimentateur qui a donné la solution à l'enfant.

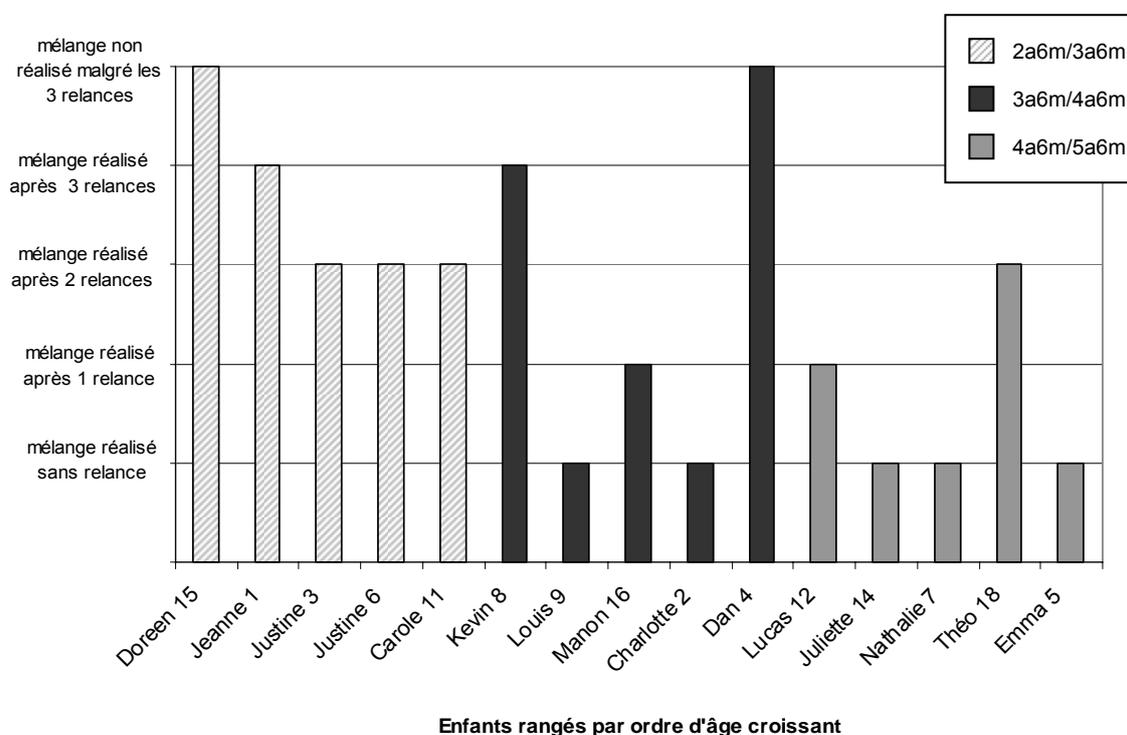


Figure 5-9. Résultat par enfant en fonction du nombre de relances effectuées

Le graphique de la Figure 5-9 nous permet d’avoir une approche individuelle des résultats, en faisant ressortir le nombre de relances nécessaires à chaque enfant. Si l’on en effectue une lecture horizontale de gauche à droite, il rend compte également des résultats par groupes d’âge. Nous avons récapitulé l’ensemble de ces résultats dans le tableau suivant (voir Tableau 5-3). Rappelons notre hypothèse : les enfants n’ayant pas bénéficié de relances explicites pour parvenir au mélange (profils 1 et 2), sont susceptibles d’avoir mis en relation l’expérience réelle avec l’expérience virtuelle.

Profil	Tranches d’âge	2 ans 6 mois	3 ans 6 mois	4 ans 6 mois
		3 ans 6 mois	4 ans 6 mois	5 ans 6 mois
(1)	Mélange réalisé sans relance.....	0	2	3
(2)	Mélange réalisé après une relance (non explicite).....	0	1	1
(3)	Mélange réalisé après deux relances (une non explicite et une explicite)....	3	0	1
(4)	Mélange réalisé après trois relances (une non explicite et deux explicite)....	1	1	0
(5)	Mélange non réalisé malgré les trois relances.....	1	1	0

Tableau 5-3. Répartition des enfants selon le nombre de relances effectuées

En considérant la répartition des enfants selon les trois tranches d’âges, il apparaît que :

- de 2 ans 6 mois à 3 ans 6 mois, aucun enfant n’a proposé de réaliser le mélange sans relances. Au moins deux relances dont une explicite, ont été nécessaires. Autrement dit, ces enfants ont eu besoin d’une allusion verbale et parfois visuelle, à la situation de mélanges de peintures réalisée à l’aide du logiciel. Compte tenu de notre hypothèse, nous considérons qu’il n’y a eu mise en correspondance spontanée entre expérience virtuelle et expérience réelle pour aucun enfant de cette tranche d’âge ;
- de 3 ans 6 mois à 4 ans 6 mois, les résultats des enfants évoluent. Plus de la moitié (3 sur 5) a proposé de réaliser un mélange pour créer la couleur demandée, sans relances ou après une seule relance. Pour ces derniers, nous considérons que la mise en relation s’est réalisée. Les deux autres enfants de cette tranche d’âge, sont dans une position quasi-opposée puisque l’un n’a pas réussi le mélange et l’autre ne l’a réussi qu’après un nombre maximum de relances ;

- de 4 ans 6 mois à 5 ans 6 mois, 4 enfants sur 5 ont proposé de réaliser un mélange : trois sans aucune aide et un après une seule relance.

L'analyse des conduites des 15 enfants montre que 7 d'entre eux ont proposé de recourir, sans aide ou après une seule relance, à l'opération de mélange de peinture pour obtenir la couleur demandée. Compte tenu de notre hypothèse initiale, nous considérons que le lien entre l'expérience virtuelle et l'expérience réelle, pour ce domaine de connaissances, a vraisemblablement été établi par ces derniers. Ces enfants sont parmi les plus âgés de notre échantillon.

5.4 Discussion et bilan intermédiaire

Rappelons que l'objectif de cette première étude, est de mesurer l'impact du dispositif de simulation informatique « dessine avec ton doigt », sur des enfants en âge de visiter la *Cité des enfants*, lorsque ceux-ci bénéficient de la tutelle d'un même médiateur de l'exposition. Avant de nous intéresser aux effets de la médiation déployée par les parents, nous souhaitons en effet déterminer dans quelle mesure les enfants sont susceptibles de tirer profit de ce dispositif au plan cognitif, dans des conditions favorables d'accompagnement, sous la conduite d'un tuteur expert. La relation de "guidage" étant identique pour tous, les seuls critères susceptibles d'être déterminants sont donc d'ordre intra-cognitif. La théorie de la représentation développée par Vergnaud (1987), nous conduit à penser que le processus mental mis en oeuvre par l'enfant pour extraire à partir des systèmes de représentations symboliques, des informations pertinentes pour agir dans le monde des objets, engage de sa part la mise en correspondance de ces systèmes symboliques avec les aspects de la réalité représentée. C'est pourquoi, dans le cadre de notre recherche, la mesure de l'impact du dispositif de simulation s'effectue à travers la mise à jour du lien susceptible d'être établi par l'enfant entre les objets symboliques et leur référent empirique.

Afin de déterminer le niveau de disponibilité de chaque enfant à effectuer la mise en relation entre l'activité sur simulateur et l'expérience avec des objets réels, une suite d'aides de plus en plus explicites, leur a été dispensée. L'hypothèse que nous faisons est qu'il existe une relation entre le nombre et la qualité des relances nécessaires à l'enfant et sa capacité à mettre en correspondance les deux formes d'activités. Nous avons considéré qu'à partir de deux relances adressées à l'enfant, cette mise en correspondance n'est plus spontanée.

Les résultats de cette première étude nous ont conduit à réaliser deux constats :

- les relances n'ont finalement qu'une incidence réduite sur la progression de la pensée de l'enfant, dont la première réaction ne varie guère au cours de l'entretien et augure de l'issue de celui-ci ;
- sur l'ensemble des 15 enfants de l'échantillon, 7 parmi les 10 appartenant aux deux tranches d'âges supérieures, ont proposé de recourir spontanément à l'opération de mélange de peinture pour obtenir la couleur demandée.

Ce dernier constat nous amène à formuler une hypothèse sur laquelle nous allons nous appuyer pour la suite de notre recherche. Cette hypothèse porte sur l'âge à partir duquel les enfants sont susceptibles de mettre en correspondance, pour le domaine de connaissances considéré, l'expérience virtuelle et l'expérience réelle. Sur l'ensemble de la gamme des âges des enfants interviewés, il apparaît en effet une corrélation entre l'âge des enfants et leur capacité à réaliser cette correspondance, avec l'apparition d'un palier s'échelonnant de 4 ans à 4 ans 6 mois. L'hypothèse que nous avançons est que les enfants situés en dessous de ce palier n'ont pas, dans leur ensemble, mis en correspondance les objets symboliques avec les objets réels, alors que les enfants situés au dessus y sont majoritairement parvenus.

Au cours de la découverte et l'utilisation du dispositif de simulation, les enfants ont bénéficié de conditions uniformes d'accompagnement, puisque le tuteur expert a conservé une similitude de procédure d'un enfant à l'autre. La réussite ou non au problème portant sur le réel, est donc principalement liée à des déterminants d'ordre intra-cognitifs, c'est-à-dire que la mise en relation par l'enfant du comportement des objets symboliques manipulés à l'écran avec celui de leur référent empirique, repose sur ses actions et les structures cognitives dont il dispose. Comme nous l'avons dit, l'activité de simulation favorise la prise de conscience permettant la transformation, chez le sujet qui la pratique, des connaissances implicites en connaissances explicites. Mais cette prise de conscience, pour qu'elle soit effective, doit passer par la reconnaissance du modèle simulé en tant que représentation d'une réalité. Nous pouvons penser que les enfants les plus âgés ont considéré le système symbolique comme une représentation du réel, lui reconnaissant donc un statut de modèle. En revanche, pour les enfants plus jeunes, il est vraisemblable que l'environnement virtuel a été considéré comme étranger aux activités relevant du monde des objets réels représentées. Cette analyse rejoint les constats réalisés par DeLoache (1987, 1995) concernant l'incapacité de très jeunes enfants à considérer des objets symboliques simultanément pour eux-mêmes et pour ce qu'ils représentent. S'agissant de notre recherche, il pourrait exister chez les plus jeunes enfants un conflit entre le fait de percevoir l'interface du logiciel de simulation comme un objet en tant que tel, indépendant à toute réalité, et le fait de la

percevoir comme support de représentation d'objets physiques, et ce malgré le soutien et l'accompagnement apportés par l'adulte.

Une autre cause de la différence de résultats selon les âges pourrait être liée à la nature du savoir envisagé. En effet, comme nous l'avons déjà signalé, la principale limitation rencontrée par les jeunes enfants lorsqu'ils observent un phénomène ou un processus est d'ordre conceptuel, autrement dit, les enfants peinent à construire une description pertinente des observations qu'ils peuvent faire. Ils ont des difficultés à établir la phénoménologie, c'est-à-dire décrire l'ensemble de la situation en termes d'objets, d'action et d'événements. Celle-ci suppose un découpage temporel des événements et une représentation analytique des états du système physique et de ses transformations. Or ceci est d'autant plus vrai pour les enfants qui constituent notre public cible, si l'on s'en réfère à la théorie génétique de Piaget, qui rend compte de l'aspect évolutif des comportements et de leur genèse.

Cette théorie reste aujourd'hui, malgré différentes faiblesses mises en évidence depuis sa présentation, un cadre de référence solide puisque comme le rappellent Bideaud *et al.*, elle « est la seule qui décrive sinon explique la genèse des structures normatives de l'intelligence humaine » (1999, p. 31). Rappelons que pour Piaget (1964, 1967), le développement cognitif est marqué par quatre « périodes » ou stades : le stade sensori-moteur (0-2 ans), la période ⁶³ préopératoire (2-7 ans), le stade des opérations concrètes (8-12 ans) et le stade des opérations formelles (12 ans à l'âge adulte). L'enfant qui nous intéresse se situe en plein cœur de la période pré-opératoire, qui se divise elle-même en deux phases : la pensée symbolique (de 2 ans à 4/5 ans) et la phase intuitive (de 4/5 ans à 6/7 ans). Piaget décrit l'enfant dans cette première phase, en dressant les limites qu'il rencontre au niveau de sa pensée. Il évoque notamment la pensée statique, pour signifier que le jeune enfant n'est pas encore capable, à ce stade, de relier différents états entre eux, ni de percevoir la dynamique d'une transformation. S'agissant du savoir envisagé dans le cadre de notre recherche, il est bien question d'une transformation mise en œuvre par l'opération de mélange. Les différentes étapes de ce processus pourraient donc ne pas avoir été reliées les unes avec les autres, par les enfants les plus jeunes. Or l'âge de ces enfants se situe en deçà de la tranche charnière, que nous avons ciblée aux alentours de 4 ans / 4 ans 6 mois, et qui correspond approximativement au plafond de la phase de la pensée symbolique.

⁶³ La période préopératoire n'est pas un stade de développement en tant que tel, mais constitue une période préparatoire au stade suivant. Un stade, pour Piaget, se caractérise par une structure d'ensemble. Au cours de la période préopératoire, qui ne présente pas cette structure formelle, se jouent néanmoins des processus évolutifs importants. La période préopératoire mérite à ce titre d'être étudiée isolément.

Compte tenu du caractère qualitatif de notre démarche, l'hypothèse formulée à l'issue de cette première étude, doit s'accompagner de toute la prudence qui prévaut. Nous considérons que le dispositif de simulation « dessine avec ton doigt » est susceptible d'avoir un impact cognitif sur les enfants âgés approximativement à partir de 4 ans, lorsque ceux-ci bénéficient de conditions favorables d'accompagnement. Pour la suite de notre recherche, et notamment lorsque les parents seront sollicités, nous allons donc constituer un nouvel échantillon d'enfants âgés d'au moins 4 ans. L'objectif sera alors de déterminer l'impact du dispositif au plan cognitif, utilisé dans des conditions naturelles de visites, c'est-à-dire en tenant compte des conduites des parents. Le modèle du carré médiatique va nous permettre de représenter les différentes phases qui vont s'enchaîner au cours de la situation médiatique et donc de rendre compte de l'évolution de l'interaction entre les différents partenaires de la situation. En mettant en relation l'évolution de l'interaction au cours de l'activité avec l'apport constaté du dispositif au plan cognitif, nous allons tenter de dégager différents éléments susceptibles d'être déterminants en terme d'impact auprès des enfants.

Chapitre 6 - Impact du simulateur dans des conditions naturelles d'accompagnement

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, les résultats de la seconde étude consacrée à la détermination de l'impact du simulateur informatique, utilisé dans des conditions naturelles de manipulation sous la conduite des parents, sont présentés. Malgré l'âge des enfants participants - qui selon la première étude les rendait susceptibles de tirer parti de l'utilisation du dispositif au plan cognitif - un certain nombre d'entre eux n'a pas été en mesure de mettre en œuvre sur les objets physiques, les procédures de mélanges réalisées avec le simulateur.

6.1 Objectifs de l'étude et plan d'observation

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la première étude a été réalisée dans des conditions expérimentales de manipulation visant à réduire les différents facteurs susceptibles d'influencer les conduites des enfants, pour les limiter autant que possible aux seuls déterminants d'ordre intra-cognitif. Au cours de leur utilisation du dispositif « dessine avec ton doigt », les enfants interviewés ont ainsi bénéficié de conditions uniformes et favorables d'accompagnement. Les résultats de cette première étude nous ont conduit à émettre une hypothèse portant sur l'âge des enfants : dans ces conditions particulières de tutorat, nous avons ciblé l'âge de 4 ans comme étant approximativement l'âge à partir duquel les enfants sont en mesure de tirer profit de l'utilisation du simulateur au plan cognitif. Nous nous sommes appuyé sur cette hypothèse, pour définir le critère de sélection du second échantillon d'enfants.

La seconde étude a été réalisée dans des conditions naturelles de visite. L'objet est d'étudier l'influence des déterminants d'ordre inter-cognitif, liés en particulier aux différences de conduites des parents vis-à-vis des enfants. En nous appuyant sur l'hypothèse avancée à l'issue de la première étude, nous avons fixé le critère de sélection d'un nouvel échantillon - à savoir un âge minimal aux alentours de 4 ans - afin que les enfants retenus soient en mesure, comme nous l'avons montré, de tirer profit de l'utilisation du dispositif. De manière à constituer un groupe "parents" et un groupe "médiateur", une partie de ces enfants a bénéficié de la tutelle d'un parent au cours de l'activité, l'autre partie de l'intervention d'un tuteur expert. Nous avons déterminé pour chaque enfant l'impact du dispositif au plan cognitif, compte tenu de ces nouvelles conditions d'accompagnement.

Le déroulement de l'étude est synthétisé dans la figure suivante (voir Figure 6-1).

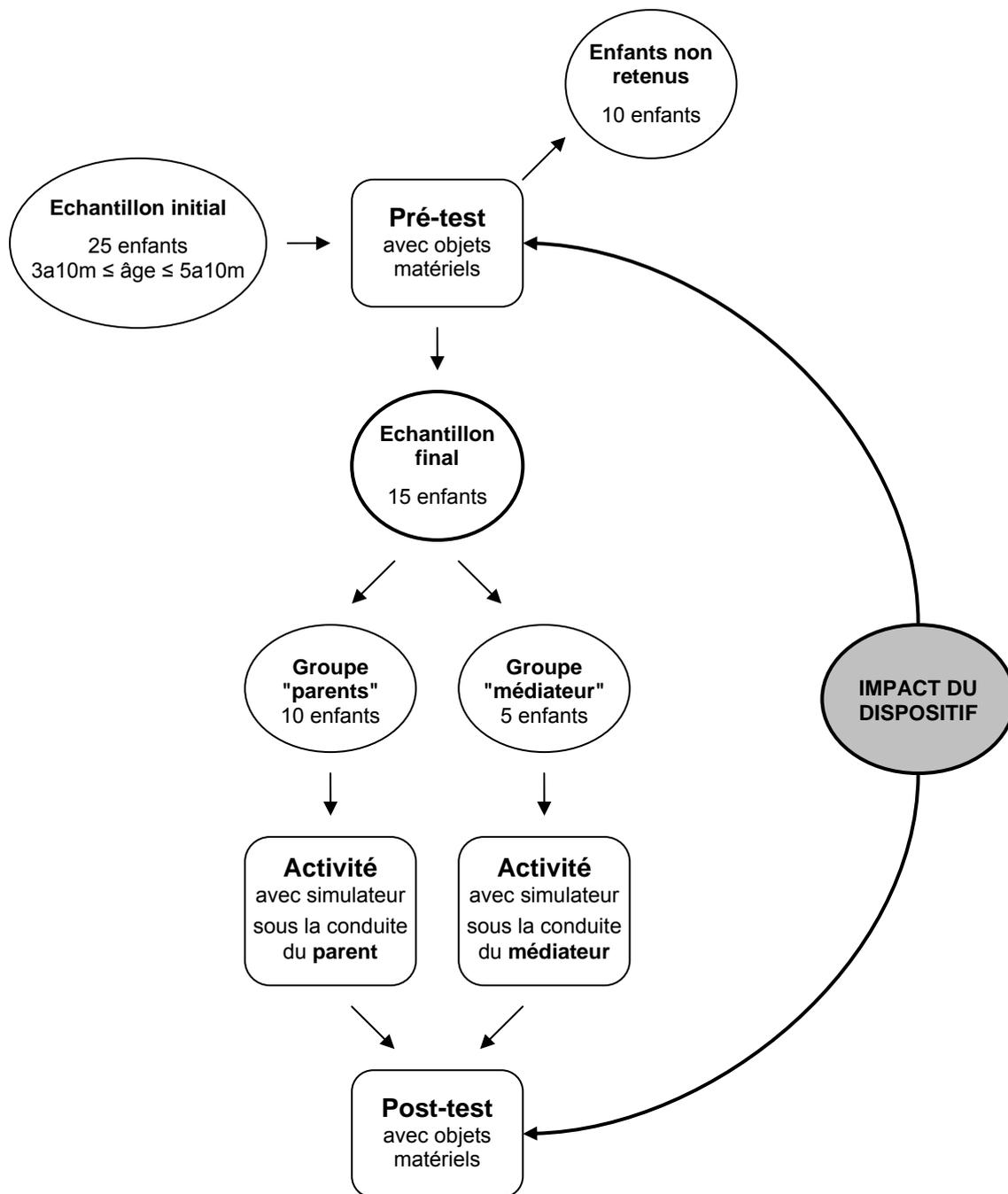


Figure 6-1. Plan d'observation (seconde étude)

Le volet expérimental de cette seconde étude comporte trois phases successives :

- I. un pré-test avec un expérimentateur,
- II. l'activité avec le simulateur, sous la conduite du parent pour une partie de l'échantillon et sous la conduite d'un tuteur expert pour l'autre partie,
- III. un post-test avec le même expérimentateur.

Chacune de ces phases est espacée dans le temps de trois-quarts d'heures. Le pré-test est proposé aux enfants juste avant leur entrée dans l'exposition. Sa fonction étant, entre autres, de déterminer leur capacité à recourir à la procédure de mélange de peintures pour concevoir des couleurs manquantes, la réussite à ce test a valeur d'exclusion. Chaque séance de visite durant une heure et demi, l'activité de manipulation du dispositif « dessine avec ton doigt » est programmée en milieu de séance. Le post-test est réalisé à la fin de la visite, après la sortie de l'exposition, en vue de mesurer l'impact éventuel de l'utilisation du simulateur auprès des enfants n'ayant pas réussi le pré-test.

Durant chacun de ces tests avant et après l'activité informatique, alors que leur enfant s'entretenait avec l'expérimentateur, les parents ont eu un questionnaire à remplir ; le premier ayant pour objet de renseigner certaines informations concernant l'enfant, le second d'évaluer leur ressenti suite à l'activité de manipulation du simulateur.

Les différentes activités proposées aux participants, enfants et aux parents, sont résumées dans le tableau ci-dessous (voir Tableau 6-1). Nous allons développer chacune d'elles dans les paragraphes qui suivent. La caractérisation des interactions fera l'objet du Chapitre 7.

Activité	Participant concerné	Fonction
Pré test	Enfant	Constitution de l'échantillon
Post test	Enfant	Mesure de l'impact
Questionnaire 1	Parent	Caractérisation de la population
Questionnaire 2	Parent	Evaluation du ressenti des parents sur l'activité
Utilisation du simulateur	Enfant et parent	Caractérisation de l'interaction

Tableau 6-1. Récapitulatif des activités proposées aux enfants et aux parents

6.2 Choix de la population et constitution de l'échantillon

Comme dans la première étude, les participants choisis sont des enfants "tout venants", ne souffrant ni de pathologie, ni de handicap spécifique. Nous nous fions pour cela aux indices visuels ainsi qu'aux éventuelles déclarations des parents.

6.2.1 Genre et âge des enfants sollicités

Pour cette seconde étude, nous avons choisi de nous adresser à des enfants âgés de plus de 4 ans, conformément à l'hypothèse formulée à l'issue de la première étude : vingt-cinq enfants âgés de 3 ans 10 mois à 5 ans 10 mois ont été sollicités (voir Tableau 6-2). La

moyenne d'âge de l'échantillon est légèrement inférieure à 4 ans 10 mois. Les vingt-cinq entretiens ont été réalisés sur trois mois, les samedis et/ou dimanches, à raison de un, deux ou trois entretiens par journée.

Tranche d'âge	3a10m ≤ ... ≤ 4a10m	4a10m < ... ≤ 5a10m
Nombre d'enfants sollicités	14	11
Nombre de filles	5	5
Nombre de garçons	9	6

Tableau 6-2. Répartition des enfants interviewés par tranche d'âge

Les enfants et leurs parents ont été sollicités au cours de différentes séances de visites à différents moments de la journée, matin et après-midi. Les enfants choisis venaient en première visite, certains avaient déjà visité l'exposition. La plupart ne connaissait pas ou ne se souvenait pas de l'élément d'exposition « dessine avec ton doigt ». Comme nous l'avons signalé dans le Chapitre 5, nous ne faisons pas de distinction selon le sexe, puisque selon les travaux cités il ne semble pas y avoir, à cet âge, de différences significatives entre garçons et filles en termes d'intérêt pour les activités et d'utilisation des outils informatiques.

Toutefois pour une autre raison, qui concerne les parents, il nous paraît intéressant de prendre en compte ce critère. En effet, d'après un certain nombre de travaux de recherches, les parents n'ont vraisemblablement pas les mêmes conduites avec les filles et les garçons, lorsqu'il s'agit de les accompagner dans des activités scientifiques et de leur donner des explications sur ces activités (Leaper & Gleason, 1996 ; Lytton & Romney, 1991 ; McGillicuddy-de Lisi, 1998). Ces recherches, qui relèvent du champ de la psychologie du développement, tendent à montrer que dans un contexte éducatif où sont en jeu des connaissances scientifiques, les styles interactifs déployés par les parents sont différents suivant le sexe de l'enfant auquel ils s'adressent : selon les observations effectuées, les garçons reçoivent davantage d'explications et d'encouragements de leur part. D'après les auteurs, cette différence serait liée à la perception qu'ont les parents de la façon dont les enfants, filles ou garçons, s'approprient les connaissances scientifiques et de leur intérêt supposé pour ce type d'activité. Pour Siegal (1987), la différence de conduite semble particulièrement avérée chez les pères. Nous reviendrons sur cette question dans le paragraphe consacré à la discussion.

6.2.2 Difficultés liées aux choix méthodologiques

Afin d'éviter toute possibilité d'anticipation, les parents et les enfants ont été sollicités juste avant leur entrée dans l'exposition, parmi les visiteurs présents. Leur participation volontaire à la recherche n'a donc fait l'objet d'aucune préparation ou entente préalable, mais a été négociée "en direct", au moment même de leur visite. Un tel choix méthodologique s'accompagne inévitablement d'un certain nombre de contraintes auxquelles l'expérimentateur doit s'adapter.

Une première difficulté réside dans le choix des enfants participants, qui ne peut se faire qu'à vue, sur le lieu même de l'exposition, selon des critères physiques d'appartenance à la tranche d'âge retenue. Une fois la prise de contact effectuée, la participation à l'étude qui se fait sur la base du volontariat, doit être négociée avec l'ensemble des membres de la cellule familiale, parent(s) et enfant(s). L'adhésion des familles à l'étude doit par ailleurs se faire en compatibilité avec les objectifs de visite qu'elles se sont fixées. Les conditions d'expérimentation dans un tel contexte de loisir familial ne peuvent donc être qu'en partie maîtrisées, contrairement au contexte scolaire par exemple, où ces conditions sont fixées *a priori* selon les caractéristiques du cadre méthodologique retenu.

6.2.3 Présentation de l'étude aux parents

Après avoir identifié des enfants susceptibles d'intéresser notre recherche et pris contact avec leurs parents, le motif de l'étude leur est présenté. L'objectif leur est annoncé dans ces termes : il s'agit de déterminer si l'utilisation, par les enfants et les adultes qui les accompagnent, d'un élément d'exposition basé sur un logiciel simulant des mélanges de couleurs, est susceptible d'aider les enfants à appréhender le processus de transformation lié au mélange. Afin que l'étude ne soit pas considérée par les parents comme une épreuve visant à évaluer les connaissances de leur enfant, ce qui serait susceptible de les inciter à créer une situation artificielle d'apprentissage, l'accent est mis sur le dispositif technique. Les parents sont informés qu'ils seront également amenés à intervenir puisqu'ils devront accompagner leur enfant au cours de l'activité de découverte du dispositif.

La présentation qui leur est faite de l'étude vise à placer les enfants et les parents dans une situation induisant une attitude éducative de la part de ces derniers. Les visites qui sont effectuées dans des lieux tels que la *Cité des enfants* sont motivées par différentes raisons, qui relèvent plus ou moins d'intentions éducatives. Rappelons que pour les parents visiteurs, la *Cité des enfants* est souvent considérée comme un lieu où « l'on apprend en s'amusant » (Chaumier, Casanova & Habib, 1995). La dimension éducative du lieu est donc étroitement mêlée à sa dimension ludique. Dans notre recherche, nous envisageons les parents comme appartenant à la catégorie des visiteurs qui s'inscrivent dans une pers-

pective d'apprentissage vis-à-vis de leur enfant. Les résultats que nous allons présenter dans la suite de notre exposé, sont donc à considérer de ce point de vue.

Pour terminer, les parents sont également informés du fait que l'enfant sera filmé au cours de chacune des étapes de l'étude. Afin de formaliser l'ensemble des informations délivrées, un document de présentation de l'étude leur est donné (voir Annexe 2). Un document autorisant le filmage des enfants est également présenté aux parents pour signature. Sur l'ensemble des personnes sollicitées, les refus ont été peu nombreux, la plupart des parents ayant accepté de se prêter volontiers à l'étude.

6.2.4 Critères d'exclusion mis en place

Parmi les vingt-cinq enfants constituant l'échantillon initial, seuls les résultats de quinze d'entre ont finalement été pris en compte. Nous allons préciser les différents critères d'exclusion qui nous ont permis de composer l'échantillon final. Deux critères, relatifs aux enfants, ont été retenus :

- La réussite au pré-test
- La participation aux activités proposées

Le pré-test a pour fonction d'identifier, parmi les enfants sollicités, ceux qui sont en mesure de recourir, spontanément et délibérément, à la procédure de mélange des peintures, pour concevoir de nouvelles couleurs. Ce test préalable est décrit en détail dans la partie consacrée au déroulement (voir paragraphe 6.4.2). Disons simplement que la situation dans laquelle est placé l'enfant est similaire à celle mise en place dans la première étude (voir Chapitre 5) : il doit terminer de peindre un dessin avec certaines couleurs dont il ne dispose pas. Les enfants passant le pré-test avec succès, ne seront pas retenus pour l'étude, puisque le rôle de l'activité sur simulateur est justement d'explicitier cette procédure auprès des enfants qui n'en auraient pas conscience. La réussite à ce pré-test a donc valeur d'exclusion.

Les observations que nous avons effectuées durant cette première phase du volet expérimental, montrent que les enfants ont tous commencé à peindre les parties du dessin ayant les mêmes couleurs que celles des peintures dont ils disposaient. Arrivés aux deux dernières, à compléter en vert et en noir, la plupart se sont arrêtés faute d'avoir à leur disposition ces couleurs. Le rôle de l'expérimentateur qui guide l'activité, est alors, par un jeu de questions/réponses, de faire verbaliser l'enfant sur les difficultés qu'il rencontre et de vérifier s'il envisage de recourir à l'opération de mélange pour fabriquer les couleurs manquantes. Tout comme dans la première étude, il intervient selon un protocole préalablement défini. Sans toutefois dévoiler la solution au problème, il va jusqu'à induire l'idée qu'il est possible

d'utiliser plusieurs peintures. Si malgré tout, l'enfant ne s'oriente visiblement pas vers cette possibilité, l'expérimentateur stoppe l'activité en lui proposant d'achever son dessin après la visite de la *Cité des enfants*.

La majorité des participants - vingt sur les vingt-cinq interviewés -, n'a pas proposé de solution pour obtenir les couleurs manquantes. Seuls cinq enfants ont proposé de réaliser un mélange de peinture. Il s'agit de trois filles et deux garçons, dont la moyenne des âges est de 4 ans 11 mois, c'est-à-dire de 2 mois supérieure à celle de l'échantillon (voir Figure 6-2).

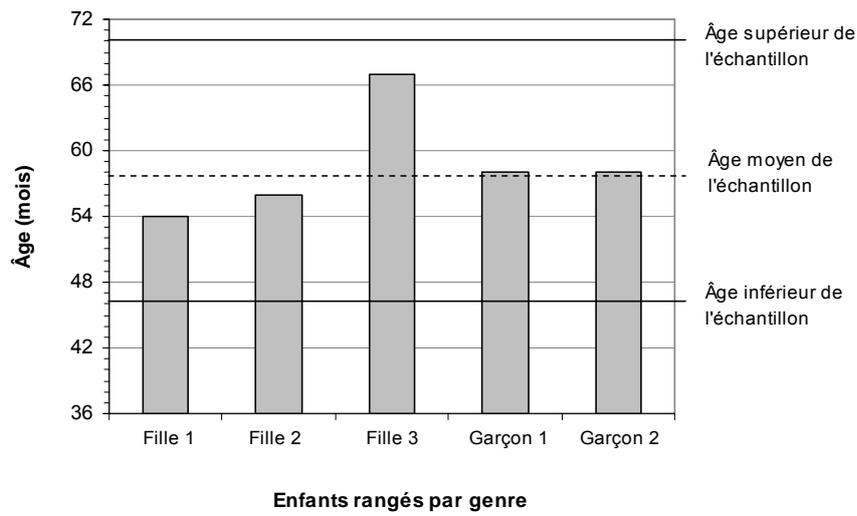


Figure 6-2. Âge des cinq enfants ayant réussi le pré-test

L'âge de ces cinq enfants les positionne plutôt dans la moitié supérieure de l'échantillon, puisque la plus jeune a 4 ans 6 mois et la plus âgée 5 ans 7 mois. Ce constat coïncide avec celui réalisé dans la première étude concernant les enfants qui connaissaient déjà la procédure de mélange des couleurs et qui appartenaient eux-mêmes à la dernière tranche d'âge de l'échantillon. Concernant les enfants de la seconde étude, ils ont proposé spontanément, après parfois un temps de réflexion, de prendre les deux peintures, bleue (cyan) et jaune, pour obtenir la couleur verte demandée. Concernant la couleur noire, aucun d'entre eux n'a fait de proposition, tout en convenant que l'obtention de cette couleur était probablement liée à la combinaison de deux ou trois des peintures présentées sur la table.

Le second critère d'exclusion mis en place, est relatif à l'intérêt de l'enfant pour les activités proposées. Nous venons de voir que les résultats de plusieurs enfants n'avaient pas été pris en compte puisque l'entretien pré-activité a montré qu'ils connaissaient déjà la procédure de mélange des couleurs. D'autres participants ont également été écartés de l'expérimentation à l'issue de ce premier volet. Quatre enfants - deux filles et deux garçons âgés de 4 ans 3 mois à 4 ans 10 mois -, étaient inhibés et se sont montrés visiblement intimidés durant l'activité avec l'expérimentateur malgré les encouragements des parents. Il

était alors délicat dans ces conditions de les impliquer davantage, c'est pourquoi nous avons proposé aux parents de mettre un terme à l'expérimentation. Enfin, une enfant âgée de 4 ans à l'inverse très détendue, ne s'est pas intéressée à l'activité face à l'ordinateur malgré les sollicitations de sa mère, et était manifestement beaucoup plus attirée par les éléments d'exposition périphériques.

Finalement seuls les résultats de quinze enfants, sur les vingt-cinq initialement sollicités, ont été pris en compte pour cette seconde étude (voir Tableau 6-3).

Tranche d'âge	$3a10m \leq \dots \leq 4a10m$	$4a10m < \dots \leq 5a10m$
Nombre d'enfants retenus	8	7
Nombre de filles	1	3
Nombre de garçons	7	4

Tableau 6-3. Répartition des enfants retenus pour l'étude

6.3 Caractéristiques de la population

Au cours du pré-test proposé aux enfants, les parents avaient à remplir un questionnaire (voir exemplaire vierge en Annexe 5), concernant leur enfant et sa familiarité avec les technologies de l'information et de la communication. Outre sa fonction occupationnelle, l'intérêt de ce questionnaire est de caractériser la population sollicitée. L'idée est d'établir un éventuel lien entre la familiarité des enfants avec les outils informatiques et leur résultat, du point de vue de l'impact du simulateur.

Nous présentons ici une synthèse des réponses données par les parents (voir réponses détaillées en Annexe 6). Elles ont été regroupées suivant trois grands types d'activités, selon le support utilisé et le lieu de pratique :

- a) ordinateur dans le contexte familial
- b) ordinateur hors contexte familial (école, bibliothèque, etc.)
- c) autres activités à base de TIC (jeux vidéo, télévision)

6.3.1 Réponses apportées au questionnaire durant le pré-test

Rappelons que les données présentées concernent un échantillon de vingt-cinq enfants. Ces informations reposent sur les réponses données par les parents.

a) Utilisation d'un ordinateur dans le contexte familial

Le nombre d'enfants utilisant un ordinateur à la maison est de 22. Les deux tableaux suivants présentent, pour ces vingt-deux enfants, le volume horaire estimé d'utilisation par semaine, ainsi que le type d'usage effectué, classé par fréquence d'utilisation (voir Tableaux 6-4 et 6-5).

Nombre d'heures par semaine	...≤ 3 h	3 h <...≤ 6 h	...> 6 h	Ne sait pas	Pas de réponse
Nombre d'enfants concernés	17	4	0	0	1

Tableau 6-4. Volume horaire d'utilisation d'un ordinateur par semaine à la maison

	Très souvent	Souvent	Peu souvent	Jamais	Nsp
Logiciels éducatifs	1	14	5	1	1
Logiciels de création	1	7	7	5	2
Logiciels de jeu	1	10	5	5	1
Internet	1	3	2	15	1

Tableau 6-5. Type d'usage réalisé avec ordinateur à la maison

Les données du Tableau 6-4, sont représentées dans le graphique ci-après (voir Figure 6-3).

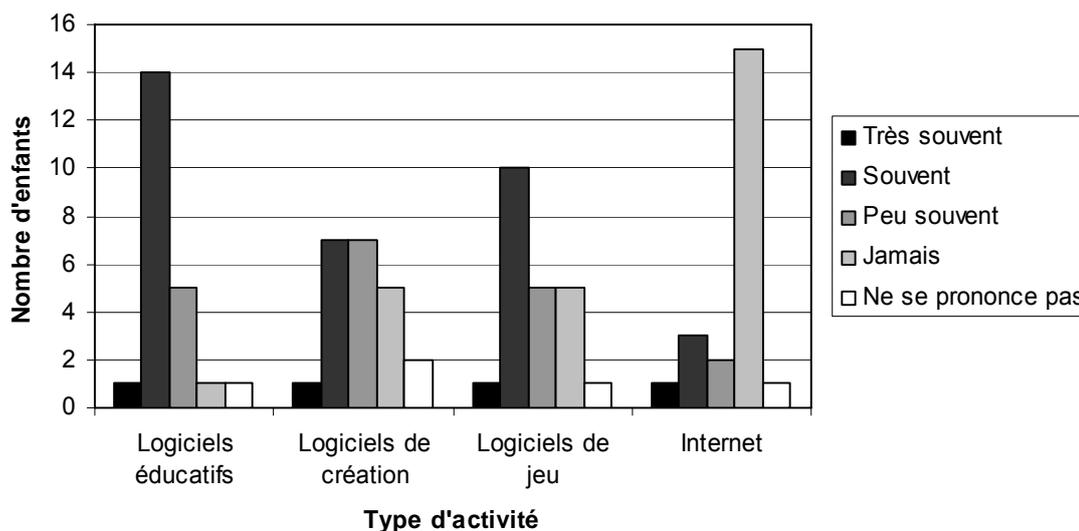


Figure 6-3. Type d'usage réalisé avec ordinateur à la maison

b) Utilisation d'un ordinateur hors contexte familial

Le nombre d'enfants utilisant un ordinateur en contexte scolaire s'élève à dix.

Toutefois, trois parents ont répondu qu'ils ignoraient si leur enfant pratiquait une activité informatique à l'école. Les deux tableaux suivants présentent pour les dix enfants concernés, le volume horaire estimé d'utilisation d'un ordinateur par semaine, ainsi que le type d'usage par fréquence d'utilisation (voir Tableaux 6-6 et 6-7).

Nombre d'heures par semaine	...≤ 2 h	2 h <...≤ 4 h	...> 4 h	Ne sait pas	Pas de réponse
Nombre d'enfants concernés	8	2	0	0	0

Tableau 6-6. Volume horaire d'utilisation d'un ordinateur par semaine à l'école

	Très souvent	Souvent	Peu souvent	Jamais	Nsp
Logiciels éducatifs	1	4	1	0	4
Logiciels de création	1	3	2	1	3
Logiciels de jeu	0	4	2	1	3
Internet	0	0	0	4	6

Tableau 6-7. Type d'usage réalisé avec ordinateur à l'école

Les données du Tableau 6-6, sont représentées dans le graphique ci-après (voir Figure 6-4).

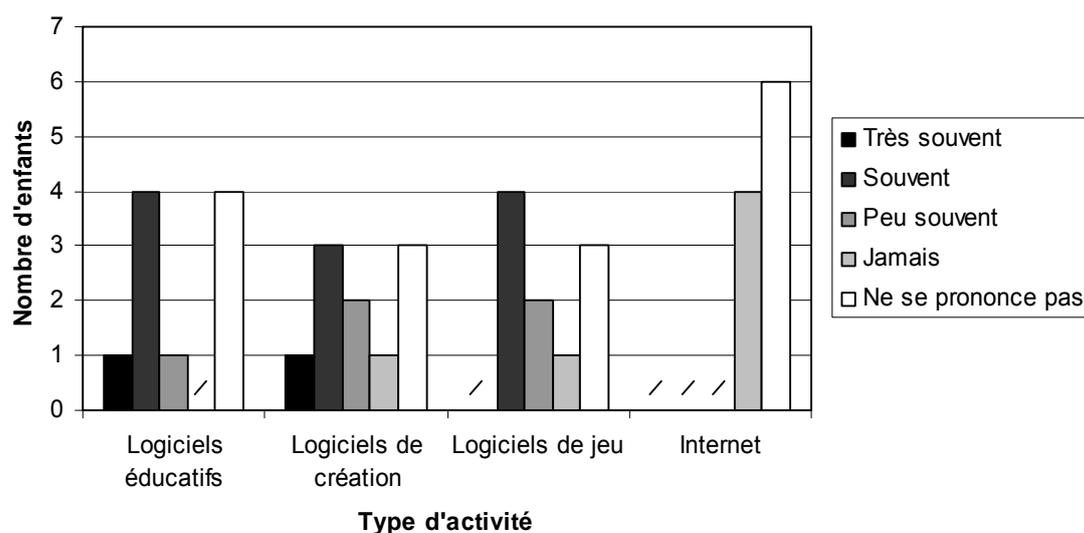


Figure 6-4. Type d'usage réalisé avec ordinateur à l'école

Enfin, le nombre déclaré d'enfants utilisant un ordinateur dans d'autres lieux que l'école et la maison, est également de 10. Les lieux d'utilisation cités sont la famille (grands-parents), les amis ou encore des lieux tels que les bibliothèques.

c) Autres activités à base de TIC

Le nombre d'enfants pratiquant les jeux vidéo sur console (portable ou de salon) est de 3. Le nombre d'enfants regardant la télévision régulièrement est de 25, soit la totalité des enfants sollicités. Les tableaux suivants présentent le volume horaire estimé par semaine, de chacune de ces deux activités (voir Tableaux 6-8 et 6-9).

Nombre d'heures par semaine	...≤ 3 h	3 h <...≤ 6 h	...> 6 h	Ne sait pas	Pas de réponse
Nombre d'enfants concernés	2	1	0	0	0

Tableau 6-8. Volume horaire de pratique des jeux vidéo par semaine

Nombre d'heures par semaine	...≤ 3 h	3 h <...≤ 6 h	...> 6 h	Ne sait pas	Pas de réponse
Nombre d'enfants concernés	6	16	3	0	0

Tableau 6-9. Volume horaire de télévionnage par semaine

6.3.2 Analyse des réponses

Globalement, il apparaît que l'ensemble des enfants sollicités, est relativement coutumier des outils informatiques, notamment en raison d'une pratique régulière à la maison. Selon un rapport récent de l'Insee, portant sur le taux d'équipement des foyers en outils informatiques (Insee, 2005), les ménages les plus aisés, les plus diplômés et surtout les couples ayant des enfants, sont aujourd'hui les mieux équipés. D'après ce rapport, la présence d'enfants est un moteur d'équipement des foyers. Compte tenu de ces données, il n'est donc pas surprenant de constater que la quasi-totalité des parents interviewés, possède un ordinateur à la maison : hormis la présence d'enfants, les niveaux de diplômes et les catégories d'appartenance socioprofessionnelle des visiteurs de la *Cité des sciences*, sont en effet plus élevés que la moyenne (*Département évaluation et prospective*, 2005).

Malgré la présence d'ordinateur(s) à la maison, les discussions avec la plupart des parents ont toutefois fait apparaître la volonté de ne pas voir leur(s) enfant(s) l'utiliser trop souvent. L'âge moyen peu élevé des enfants, qui rappelons-le est de 4 ans 10 mois, en est la pre-

mière explication. Une autre raison avancée, est le désir de proposer aux enfants des activités considérées comme davantage socialisantes et épanouissantes, ce qui expliquerait la présence des familles dans des lieux tels que la *Cité des enfants*.

Concernant les usages à la maison, ils sont essentiellement tournés vers des logiciels de type éducatif. Les logiciels de jeu "pur" n'arrivent qu'en seconde position ; il est intéressant de noter, à cet égard, que très peu d'enfants pratiquent les jeux vidéo sur console. Enfin, Internet est également très peu utilisé. A l'école, contrairement à ce que l'on pourrait penser, les logiciels de jeu sont autant pratiqués que les logiciels éducatifs. Concernant Internet, il n'est selon les parents, jamais utilisé. Il convient toutefois d'être prudent avec les réponses apportées concernant l'utilisation des ordinateurs dans le contexte scolaire, dans la mesure où les parents ont fréquemment répondu – et déclaré oralement - qu'ils ne savaient pas grand'chose de ce que leur enfant faisait dans ce domaine.

6.4 Protocole d'étude

Tous les enfants sollicités ont participé à l'ensemble de l'étude, autrement dit aux trois phases qui la constituent, même si - pour les raisons que nous avons présentées - les résultats de dix d'entre eux n'ont pas été pris en compte.

Sur les quinze enfants dont nous avons pris en compte les résultats - au vu des résultats du pré-test - cinq ont bénéficié de l'accompagnement d'un tuteur expert, médiateur de l'exposition. Ces cinq participants ont été choisis, selon leur âge et leur genre, de manière à être relativement représentatifs de l'ensemble de l'échantillon. Il s'agit de trois garçons (3 ans 10 mois, 4 ans 8 mois et 5 ans 8 mois) et de deux filles (5 ans et 5 ans 10 mois).

Deux groupes ont ainsi été constitués en fonction de l'adulte guidant l'activité : un groupe avec les parents et un groupe avec le médiateur. Les enfants retenus pour l'étude, se répartissent donc entre les deux groupes tel que l'indique le graphique ci-dessous (voir Figure 6-5). Nous noterons qu'ils se situent de manière équitable sur l'ensemble de la tranche d'âge de l'échantillon. En revanche, concernant le genre, la plupart des enfants exclus de l'étude étant des filles, les garçons sont finalement plus représentés dans l'échantillon final.

La constitution du groupe "médiateur" vise à vérifier l'adéquation des résultats obtenus par ce groupe avec ceux de la première étude. En effet les conditions de mise en œuvre de l'expérience ne sont pas identiques. Dans la seconde étude, les enfants utilisent le dispositif après avoir manipulé des "vraies" peintures, ce qui n'est pas le cas dans la première étude ; le problème qui leur est posé concernant les mélanges diffère également entre les

deux études (peindre une pomme en vert vs compléter un dessin avec des couleurs différentes) ; par ailleurs nous avons modifié l'interface du logiciel utilisé.

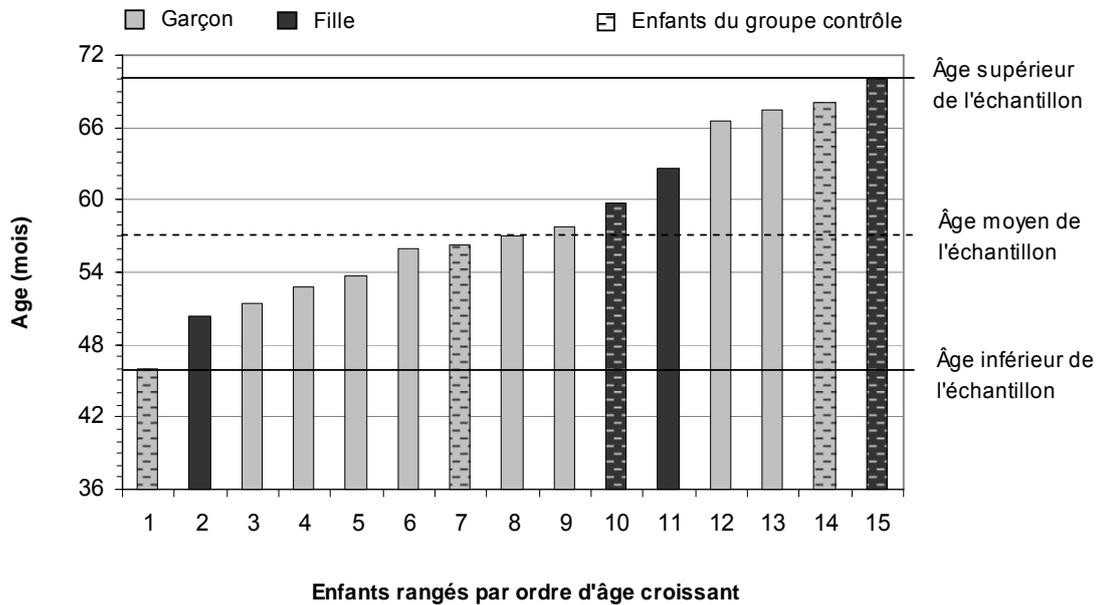


Figure 6-5. Répartition des enfants retenus pour l'étude, selon l'âge et le genre

Comme dans la première étude (voir Chapitre 5), le tuteur expert est intervenu auprès des enfants selon un protocole préalablement défini, de façon à les faire bénéficier d'un accompagnement à la fois uniforme et favorable, du point de vue des critères énoncés par Bruner (1983) pour caractériser le processus d'étayage.

6.4.1 Mesure de l'impact du simulateur

Afin de déterminer l'impact du dispositif dans des conditions naturelles d'utilisation, nous avons proposé aux enfants sollicités deux entretiens, avant et après l'activité sur ordinateur.

Compte tenu de l'hypothèse que nous avons formulée à l'issue de la première étude, nous considérons que les enfants du second échantillon, âgés de plus de 4 ans, sont susceptibles de bénéficier au plan cognitif de l'utilisation du simulateur, lorsque les conditions d'accompagnement sont favorables. Ces conditions, que nous avons décrites dans le chapitre précédent, ont été qualifiées de "favorables" au sens où elles répondaient aux critères énoncés par Bruner (1983) pour caractériser le processus d'étayage déployé par l'adulte en situation de tutorat. Par ailleurs, ces mesures d'accompagnement étaient identiques pour tous les participants. Alors que dans la première étude, les interventions du tuteur avaient fait l'objet d'une spécification préalable selon un protocole prédéfini, dans la se-

conde étude nous ne maîtrisons pas la tutelle déployée par l'adulte puisqu'elle relève de sa conduite propre.

La première question qui se pose est de savoir quel va être, dans ces nouvelles conditions d'accompagnement dites "naturelles", l'impact de l'utilisation du dispositif. Nous pouvons d'ores et déjà formuler une hypothèse. Plusieurs travaux portant sur les modes d'interactions parents/enfants dans le contexte de la *Cité des enfants* (Piani & Weil-Barais, 1998 ; Ailincăi et al., 2005) ont montré que, majoritairement, les parents ont des conduites qui favorisent peu la transmission des connaissances relatives aux dispositifs explorés. Ils sont généralement assez directifs et sont plus préoccupés des actions des enfants et de leur réussite, que de la compréhension par ces derniers des mécanismes explorés. Compte tenu de ces résultats d'observations, nous pouvons faire l'hypothèse que l'impact de la manipulation du dispositif au plan cognitif, sera vraisemblablement moindre chez les enfants ayant bénéficié de ces conditions naturelles d'accompagnement, que chez ceux ayant réalisé la manipulation dans des conditions expérimentales sous la conduite d'un tuteur expert ayant préparé son intervention et maîtrisant le dispositif exploré.

6.4.2 Déroutement du pré-test

Le pré-test est réalisé à l'occasion d'un entretien qui se déroule juste avant le début de la visite, dans un atelier proche de l'exposition. L'enfant et l'expérimentateur sont assis à une table ; les parents sont également présents dans la pièce, occupés au remplissage d'un questionnaire, ce qui fait qu'ils ne sont pas intervenus au cours de l'entretien avec l'enfant.

L'entretien a pour fonction d'identifier, parmi les enfants sollicités, ceux qui sont en mesure de recourir, spontanément et délibérément, à la procédure de mélange des peintures, pour concevoir de nouvelles couleurs. Autrement dit, il vise à déterminer les capacités de l'enfant à prédire et réaliser un mélange de couleur. Par ailleurs, afin de cerner un éventuel problème lié aux couleurs, le but est également de vérifier ses capacités à nommer, discriminer et associer différentes couleurs. Une série de tests, que nous avons décrits dans le Chapitre 4, lui sont proposés. Comme nous l'avons vu, les enfants interviewés n'ont pas rencontré de difficulté particulière, si ce n'est pour nommer les couleurs primaires en raison d'un déficit de vocabulaire. Aucune difficulté n'a en revanche été observée concernant les exercices de discrimination visuelle et d'association des couleurs présentées.

Les épreuves concernant les couleurs étant réalisées, l'entretien se termine par une activité de peinture, toujours présentée sous forme de jeu. La situation dans laquelle est placé l'enfant est similaire à celle mise en place dans la première étude (voir Chapitre 5) : il est confronté à un problème qu'il doit résoudre avec le matériel dont il dispose. L'objectif de ce test est de vérifier si l'enfant propose spontanément de recourir à l'opération de mélange

pour créer les couleurs manquantes. Concrètement, l'enfant est invité à compléter un dessin selon un modèle, en peignant les parties inachevées qui sont de couleur magenta, cyan, jaune, vert et noir (voir Figure 6-6). Il dispose pour cela de trois tubes de peintures des trois couleurs primaires, magenta, cyan et jaune. Ce sont les couleurs qu'il retrouvera dans le jeu « dessine avec ton doigt ». Il ne dispose ni de peinture verte, ni de peinture noire.



Figure 6-6. Dessin à compléter et son modèle

Rappelons que notre interrogation ne porte pas sur des connaissances de type déclaratif, mais bien sur des connaissances de type procédural. Autrement dit, notre objectif n'est pas de vérifier si l'enfant connaît les combinaisons relatives au mélange des pigments colorés, mais de déterminer s'il a appréhendé l'opération de mélange comme un processus de transformation permettant d'aboutir, à partir d'un état initial du système, à un état final caractérisé par une propriété modifiée : la couleur. C'est pourquoi nous considérons que si l'enfant propose de réaliser un mélange de peintures, quelles que soient les couleurs utilisées, la connaissance en jeu est opératoire et donc conscientisée.

Après la présentation du matériel et l'explicitation de la consigne, l'enfant commence l'activité. L'expérimentateur n'intervient pas et le laisse agir jusqu'à ce qu'il manifeste une éventuelle difficulté.

Comme nous l'avons dit dans le paragraphe consacré à la présentation des critères d'exclusion (voir Paragraphe 6.2.4), seuls cinq enfants ont proposé de recourir à la procédure de mélange. Après leur avoir laissé achever leur dessin, l'expérimentateur a stoppé l'activité en leur demandant où ils avaient appris qu'il était possible de créer des nouvelles couleurs de peintures en en mélangeant d'autres. Les cinq enfants ayant réussi la tâche ont répondu que c'était à l'école ou à la maison. Il est difficile de déterminer si cette connaissance relève d'un apprentissage méthodique ou de la prise de conscience par l'enfant du processus de transformation lié à l'opération de mélange. Quoi qu'il en soit,

nous avons considéré pour ces cinq participants que ce processus était acquis et opératoire. L'activité informatique n'ayant alors plus vraiment de sens pour eux, du point de vue de notre problématique, nous ne les avons pas pris en compte. Ces enfants ont toutefois participé à l'ensemble des trois phases du volet expérimental de l'étude, afin d'observer la conduite des parents durant l'activité informatique.

6.4.3 Déroulement de l'activité sur simulateur

A la fin de ce premier test, juste avant le début de leur visite, nous rappelons aux parents l'objet de l'étude et le rôle qu'ils y jouent : nous attendons d'eux qu'ils accompagnent leur enfant dans la découverte d'un dispositif d'exposition simulant une activité de peinture et permettant d'effectuer des mélanges de couleurs, notre objectif étant de vérifier si cette activité permet aux enfants de prendre conscience de la transformation liée à cette opération. Leur rôle vis-à-vis de leur enfant, consiste donc à lui faire appréhender le principe de mélange des couleurs. Les parents savent qu'un test aura lieu après la visite, pour mesurer l'impact éventuel de l'utilisation de l'ordinateur au plan cognitif. Aucune indication, concernant une quelconque conduite à observer ou un discours particulier à tenir durant l'activité, ne leur est donnée. Comme nous l'avons dit, la présentation qui leur est faite de l'étude vise à les placer dans une situation induisant une attitude éducative. Les caractéristiques de la tutelle déployée par les parents vont donc être fortement liées aux conceptions qu'ils ont sur la pédagogie.

Le rendez-vous est fixé avec eux dans l'exposition à mi-parcours de visite, trois quarts d'heure après l'entrée. Avant de commencer l'activité de découverte du dispositif « dessine avec ton doigt », les parents reçoivent une consigne écrite leur rappelant notamment comment obtenir du vert et du noir par mélange des trois couleurs primaires (voir Encadré 6-1). Aucune indication ne leur est donnée concernant le fonctionnement du logiciel.

« Utilisez les trois tubes de peinture - rouge magenta, bleu cyan et jaune – sur la droite de l'écran, pour obtenir les couleurs désirées.

Invitez l'enfant à réaliser des mélanges, par exemple :

- comment obtenir du vert ? (par mélange de bleu cyan et de jaune)

- comment obtenir du noir ? (par mélange de rouge magenta, de bleu cyan et de jaune) »

Encadré 6-1. Consigne donnée aux parents avant l'activité

Comme nous l'avons dit précédemment (voir Chapitre 4), le logiciel comporte deux fonctions, "dessin" et "mélange". Les observations préalables ayant montré que les visiteurs utilisaient essentiellement la première de deux, nous avons imposé aux parents l'utilisation de

la fonction "mélange" pour obtenir des couleurs de peinture désirée et nous avons rendu inopérante la fonction "dessin". Pour ce faire, les pots de peinture représentés au bas de l'interface ont été simplement masqués par un bandeau adhésif collé sur l'écran (voir Figure 6-7). Nous avons ainsi instrumentalisé l'artefact "logiciel", au sens de Rabardel (1995), puisque nous l'avons transformé en lui ôtant une de ses fonctions.



Figure 6-7. Interface modifiée du logiciel « dessine avec ton doigt », *Csi*

Selon les dyades, l'activité a duré entre moins de trois minutes et plus de huit minutes. Elle prend fin par abandon d'un des deux partenaires. Après l'activité, le(s) parent(s) et l'enfant reprennent le cours de leur visite. Un dernier rendez-vous est fixé avec eux à la fin de la séance de visite pour un second entretien.

6.4.4 Déroulement du post-test

L'objet de cet entretien est d'identifier les enfants susceptibles d'avoir tiré profit de la manipulation du dispositif de simulation au plan cognitif. Nous faisons l'hypothèse que si l'enfant recourt à l'opération de mélange des peintures pour créer la couleur désirée, alors qu'il n'en avait pas été capable auparavant, la manipulation a eu un impact. Rappelons que nous considérons comme un tout indissociable, l'ensemble "médiation instrumentale + médiation humaine", c'est pourquoi par le terme "manipulation" nous entendons systématiquement "manipulation sous la conduite de l'adulte". C'est de cet ensemble dont nous souhaitons déterminer l'impact et savoir notamment s'il a permis à l'enfant de prendre conscience de la procédure de mélange. Si tel est le cas, cette procédure est susceptible d'être opératoire et l'enfant est alors en mesure de la mettre en œuvre pour résoudre le problème posé sur les couleurs.

L'entretien est réalisé à la fin de la visite, soit environ trois quarts d'heure après la manipulation dans l'exposition. Il se déroule dans la même salle que précédemment, toujours en présence des parents ; lesquels sont invités pendant ce temps à remplir un second ques-

tionnaire (voir Annexe 7). Celui-ci a pour objet de rendre compte de leur ressenti par rapport à l'activité, ce qu'elle a pu apporter à l'enfant, mais aussi leur regard sur leur propre conduite en tant que tuteur. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les réponses données par chaque parent accompagnateur sur ce dernier point, en les mettant en relation avec les caractéristiques de l'interaction à laquelle il a participé (voir Chapitre 7.3).

Concernant l'enfant, il est remis en situation ; le dessin laissé inachevé est repris. De façon à vérifier s'il se souvient du but à atteindre, l'expérimentateur demande à l'enfant de l'explicitier. Sans difficulté, la majorité a répondu qu'ils devaient terminer de peindre le dessin en vert et noir, en indiquant les parties concernées, en référence au modèle présenté. L'expérimentateur attend alors une réaction de la part de l'enfant avant d'intervenir. En l'absence de proposition de sa part, son rôle est alors de le faire verbaliser afin de déterminer s'il envisage ou non de recourir à l'opération de mélange pour fabriquer les couleurs manquantes. Tout comme dans le post-test présenté aux enfants dans la première étude, l'expérimentateur intervient selon un protocole préalablement défini (voir Tableau 6-10). Toutefois, il ne dispose pas, comme c'était le cas précédemment, d'une fiche-parcours par enfant. Notre objectif n'est pas ici de quantifier de manière fine, l'aide à apporter à l'enfant pour qu'il recoure à la procédure de mélange, mais de vérifier simplement s'il y recourt ou non, de manière relativement spontanée.

Objet de la question	Question posée par l'expérimentateur	Réponse attendue
Relance de l'activité	« <i>Est-ce que tu peux finir de peindre le dessin en vert ?</i> »	« <i>Oui/non</i> »
Demande d'explication	« <i>Pourquoi est-ce que tu ne peux pas ?</i> »	« <i>Je ne sais pas/Je n'ai pas de vert/...</i> »
Incitation	« <i>Est-ce que qu'avec les couleurs dont tu disposes, tu pourrais faire du vert ?</i> »	« <i>Oui/non</i> »

Tableau 6-10. Protocole suivi durant l'entretien post-test

La difficulté dans ce type d'entretien, est d'inciter l'enfant à verbaliser et à livrer sa pensée, tout en évitant de lui en dire trop, au risque de lui dévoiler la solution. L'objectif d'une telle démarche, lorsque l'enfant ne propose pas la solution attendue, ne propose rien ou encore hésite, est de s'assurer qu'il ne sait effectivement pas quoi faire. Ainsi, est-il nécessaire de vérifier par exemple que l'enfant ne s'interdit pas la possibilité de recourir au mélange, pensant qu'il ne peut utiliser qu'une peinture à la fois.

Si à l'issue de l'entretien, l'enfant n'a pas proposé d'effectuer un mélange, pour obtenir les couleurs manquantes, nous considérons que l'impact que nous visions au travers de

l'activité de manipulation des peintures virtuelles, n'a pas été atteint. L'activité menée sous la conduite de l'adulte, n'a pas permis d'explicitier l'opération de mélange en tant que processus permettant la transformation d'un système de peintures, d'un état initial vers un état final, du point de vue de la couleur.

6.5 Évaluation de l'impact du simulateur

Compte tenu des critères de réussite mis en place, les résultats obtenus par les enfants rendent compte de leur conduite par rapport au problème qui leur a été posé au cours de l'entretien post-activité. Nous avons considéré que les enfants ayant mis en œuvre la procédure de mélange des peintures pour créer les couleurs demandées, sachant qu'ils ne l'avaient pas fait auparavant, ont tiré bénéfice de la manipulation du dispositif médiatique au plan cognitif. Les conditions mises en place étant les mêmes pour les deux entretiens, avant et après activité sur ordinateur. Les résultats des enfants sont récapitulés dans le tableau ci-dessous (voir Tableau 6-11). Les enfants sont rangés par ordre d'âge croissant.

N° dyade	Prénom	Âge	Genre	Tuteur	Recours au mélange	Durée de l'activité
4	Didier	3 a 10 m	G	médiateur	N	6'57
2	Léa	4 a 2 m	F	mère	N	7'07
1	Nicolas	4 a 3 m	G	père	N	4'21
6	Arthur	4 a 5 m	G	père	N	2'56
12	François	4 a 6 m	G	mère	N	4'32
9	Michael	4 a 8 m	G	père	N	8'27
7	Ben	4 a 8 m	G	médiateur	O	5'00
3	Adrien	4 a 9 m	G	mère	N	4'04
13	Jibril	4 a 10 m	G	père	O	6'30
20	Myriam	5 a	F	médiateur	O	6'30
18	Annick	5 a 3 m	F	père	N	4'58
17	Arnaud	5 a 7 m	G	père	O	7'34
22	Bertrand	5 a 7 m	G	mère	O	6'13
21	Clément	5 a 8 m	G	médiateur	O	4'50
15	Alice	5 a 10 m	F	médiateur	O	8'21

G/F : garçon/fille

O/N : oui/non

Tableau 6-11. Résultats des enfants rangés par âge

Nous avons fait le choix d'analyser les résultats obtenus, du point de vue de quatre critères :

- le statut du tuteur ;
- l'âge de l'enfant ;
- le genre de l'enfant ;
- la durée de l'activité.

Pour les trois derniers critères, nous mettrons en relation les résultats du groupe "parents" (tutelle des parents) et du groupe "médiateur" (tutelle du médiateur).

Nous faisons l'hypothèse que ces critères sont les plus déterminants quant à l'impact de la manipulation du dispositif au plan cognitif. D'autres facteurs sont susceptibles d'avoir une incidence, notamment l'état de fatigue, la disponibilité et l'intérêt pour l'activité, que ce soit de l'enfant ou même du parent. Mais ces facteurs paraissent difficilement mesurables et nous partirons du présupposé que les visiteurs interviewés, parents et enfants, étaient dans un état de réceptivité et de concentration similaires et ce, quels que soient la tranche horaire de participation à l'étude dans la journée.

6.5.1 Résultat en fonction du statut du tuteur

Sur les dix enfants du groupe "parents", trois ont réussi le post-test. Concernant les cinq enfants du groupe "médiateur", quatre ont apporté la solution au problème posé après l'activité informatique.

Ce premier constat confirme l'hypothèse que nous avons formulée précédemment, selon laquelle l'impact de la manipulation au plan cognitif serait vraisemblablement atteint chez un moins grand nombre d'enfants dans des conditions naturelles d'accompagnement, que dans des conditions expérimentales sous la conduite d'un tuteur expert. Le statut du tuteur est donc un critère de réussite des enfants particulièrement déterminant. La nature de la tutelle exercée par l'adulte, joue un rôle important – sinon primordial - sur l'impact de l'utilisation du dispositif auprès de l'enfant. Ce constat fait écho aux résultats d'autres études portant sur les modes d'interactions parents/enfants dans le contexte de la *Cité des enfants* (Piani & Weil-Barais, 1998 ; Ailincăi *et al.*, 2005) : la tutelle déployée par le parent, que l'on pourrait qualifier d'"intuitive" puisque non préparée, est moins favorable en terme de transmission des connaissances, que celle déployée par le tuteur expert. Nous ne tenterons pas ici d'en donner les raisons. Dans le chapitre suivant, nous caractériserons chaque interaction dyadique parent/enfant, du point de vue de différents critères, afin d'expliquer les différences observées entre tutelle parentale "intuitive" et tutelle experte.

6.5.2 Résultat en fonction de l'âge des enfants

Concernant le critère de l'âge, nous allons nous centrer tout d'abord sur les résultats obtenus à l'entretien post-activité par les enfants du groupe "parents". Il apparaît clairement, d'après la figure suivante (voir Figure 6-8), un lien entre l'âge des enfant et leur résultat : jusqu'à 4 ans 10 mois, qui est la moyenne des âges de l'échantillon, aucun enfant du groupe "parents" n'a proposé de recourir à la procédure de mélange pour résoudre le problème posé. A l'inverse, au delà de ce même âge, la quasi-totalité des enfants a proposé cette solution. Ce constat rappelle celui effectué lors de la première étude, à savoir qu'il semble y avoir un âge, que l'on pourrait nommer "de transition", à partir duquel la manipulation du dispositif a un effet déclencheur au plan cognitif.

On notera toutefois une distinction d'importance, puisque si dans la première étude, nous avons ciblé cet âge vraisemblablement aux alentours de quatre ans, il est ici plus proche de cinq ans. La différence de tutorat a donc eu pour conséquence, une augmentation d'une année de cet âge de transition. L'expertise du médiateur, en terme d'étayage, apparaît donc ici clairement.

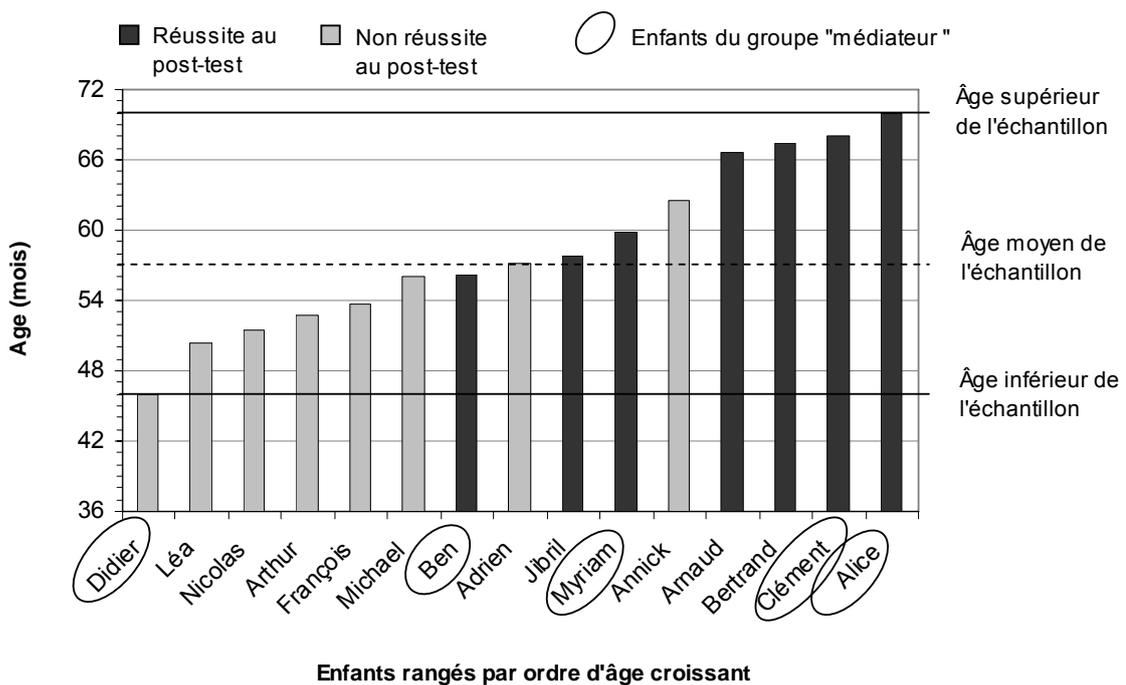


Figure 6-8. Résultats des enfants selon l'âge et le statut du tuteur

S'agissant des cinq enfants du groupe "médiateur", quatre ont réussi à apporter la solution au problème posé après l'activité informatique. Seul le plus jeune âgé de 3 ans 10 mois, qui est également le plus jeune de l'échantillon, n'a pas proposé de recourir à la procédure de mélange pour réaliser les couleurs demandées. Ce résultat confirme l'hypothèse formu-

lée à l'issue de la première étude, concernant l'âge de transition identifié aux alentours de quatre ans, lorsque les conditions d'accompagnement sont favorables.

6.5.3 Résultat en fonction du genre

Compte-tenu de l'inégalité numérique entre garçons et filles, et du nombre réduit de ces dernières au sein de l'échantillon, toute analyse prenant le sexe comme critère, est à effectuer avec prudence. De ce point de vue, il apparaît vraisemblablement qu'il n'y a pas de différence significative entre les uns et des autres. En considérant les résultats quels que soient les âges et le statut du tuteur (voir Figures 6-9 et 6-10), la réussite au post-test touche les garçons et les filles dans les mêmes proportions : approximativement la moitié des garçons (six sur onze) et la moitié des filles (deux sur quatre). Concernant ces dernières, il est intéressant de constater que seules celles qui étaient accompagnées du médiateur, ont réussi. Si l'on s'en réfère aux travaux précédemment cités, concernant les différences de conduites observées chez les parents, selon le sexe de l'enfant auquel ils s'adressent, les résultats présentés dans le cadre de notre recherche pourraient confirmer un tel constat. Mais compte tenu du nombre réduit d'individus de l'échantillon considéré, il ne peut avoir que valeur d'hypothèse.

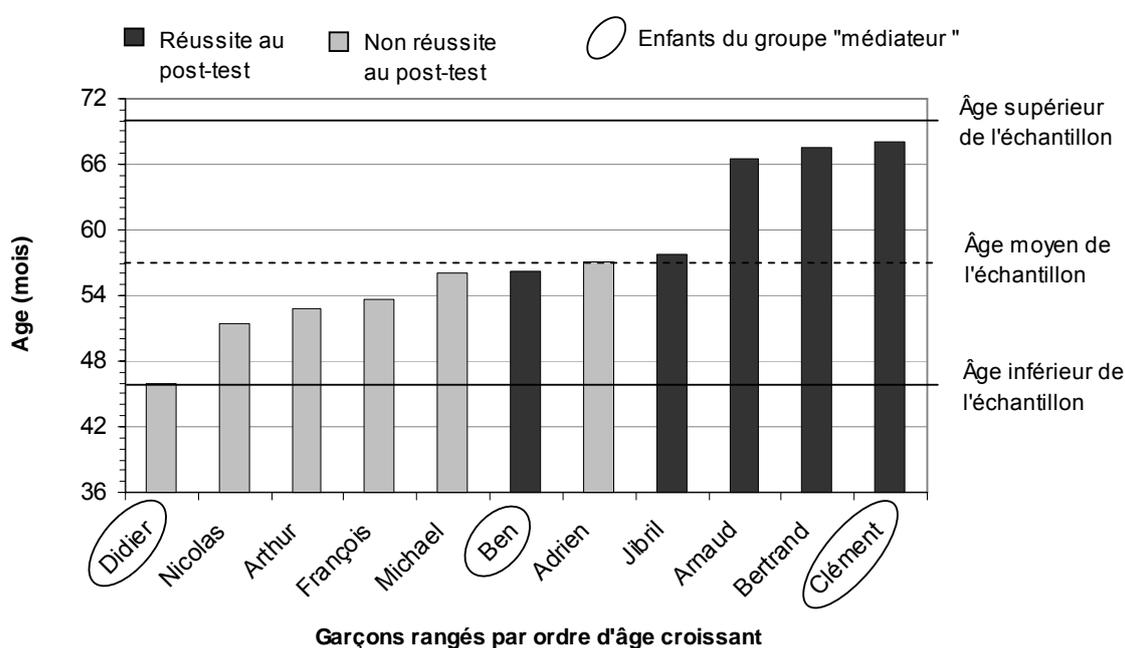


Figure 6-9. Résultats des onze garçons de l'échantillon

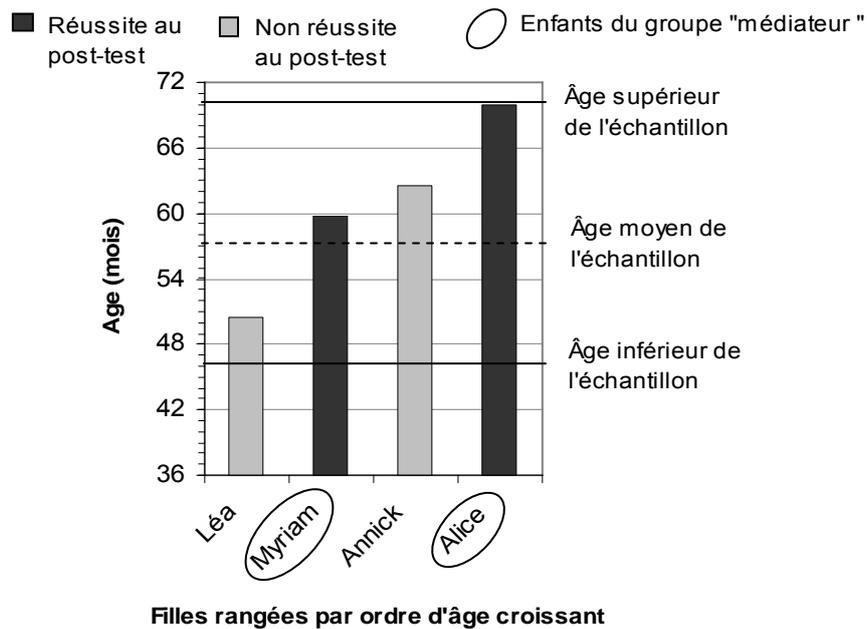


Figure 6-10. Résultats des quatre filles de l'échantillon

6.5.4 Résultat en fonction de la durée de l'activité

L'activité face au simulateur a duré approximativement, selon chaque dyade, entre moins de 3 minutes et près de 8 minutes 30 secondes. Ces deux durées, minimale et maximale, se situent l'une par rapport à l'autre, dans un rapport de 1 à 3, ce qui laisse supposer un lien possible entre le temps de manipulation du dispositif et son impact sur l'enfant.

Si l'on considère les durées moyennes de l'activité informatique, selon les résultats obtenus au pré-test, il apparaît que les enfants ayant réussi, ont passé en moyenne une minute de plus devant le simulateur, que les enfants qui n'ont pas réussi (voir Tableau 6-12)

	Durée moyenne de l'activité
Enfants ayant échoué	05'25
Enfants ayant réussi	06'25

Tableau 6-12. Temps moyen de l'activité selon les résultats des enfants

Concernant le statut du tuteur, il ressort que l'activité qui s'est déroulée sous la conduite du parent, a duré en moyenne 40 secondes de moins que celle menée par le médiateur (voir Tableau 6-13)

	Durée moyenne de l'activité
Parent	05'40
Médiateur	06'20

Tableau 6-13. Temps moyen de l'activité selon le statut du tuteur

Ces deux constats induisent vraisemblablement l'existence d'un lien entre la durée de la manipulation du dispositif et l'impact de celle-ci sur l'enfant.

6.5.5 Influence des différents critères retenus

En résumé, nous avons identifié trois des quatre critères retenus, comme étant déterminants quant à l'impact de l'utilisation du dispositif au plan cognitif : la qualité de la tutelle, l'âge de l'enfant et la durée de l'activité. Le sexe des enfants n'a, semble-t-il, pas d'effet sur leur résultat, même s'il n'est pas impossible que ce facteur induise chez les parents des différences de conduite.

Des trois facteurs identifiés, il convient de déterminer celui ou ceux qui ont eu le plus de poids sur les résultats des enfants. De toute évidence, le statut du tuteur est le premier critère de réussite des enfants, compte tenu des différences de résultats constatés entre le groupe "parents" et le groupe "médiateur". Mais ce facteur n'est déterminant que jusqu'à un certain âge : à partir d'un peu moins de 5 ans, la quasi-totalité des enfants réussit le post-test, et ce quel que soit l'adulte qui les accompagne. Au-delà de cet âge, que nous avons nommé de transition, nous pourrions faire l'hypothèse que la qualité de la tutelle exercée par l'adulte accompagnateur, n'a plus vraiment d'effet sur les résultats des enfants. Pour s'en assurer, il nous faudrait toutefois vérifier que les parents de ces enfants les plus âgés, n'ont pas délivré un accompagnement plus favorable que ceux des enfants plus jeunes. Il ne nous est pas possible de l'affirmer dans l'immédiat, étant donné que nous n'avons pas pris en compte les conduites individuelles des parents dans cette première analyse des résultats. Nous caractériserons les interactions parent/enfant dans le Chapitre 7.

Concernant les enfants de plus de cinq ans, ayant utilisé le simulateur dans des conditions naturelles d'accompagnement, l'âge est donc selon nous le principal facteur de réussite et non les conduites des parents. Pour expliquer cette différence de résultat avec les enfants plus jeunes, nous faisons l'hypothèse que l'activité de simulation a réactivé chez les plus âgés de l'échantillon, des connaissances antérieurement acquises. Les enfants ont tous réalisé l'expérience du mélange de peinture de manière plus ou moins fortuite, mais ils n'ont pas nécessairement appréhendé la transformation dans sa dimension relationnelle et

pris conscience du lien causal entre les deux états de la transformation. Le discours de l'adulte, s'il est axé sur le contenu de savoir en jeu, va permettre une prise de conscience chez l'enfant et favoriser la conversion des connaissances implicites en connaissances explicites, les rendant ainsi opératoires.

Concernant la durée de l'activité, c'est un facteur qui, sans être aussi déterminant que la qualité de la tutelle exercée par l'adulte ou l'âge de l'enfant, a une incidence vraisemblablement favorable quant à l'impact du simulateur : les enfants ayant réussi le post-test ont en moyenne consacré plus de temps à sa manipulation. Finalement, les différents facteurs susceptibles de jouer un rôle dans l'impact du dispositif, sont résumés dans le tableau suivant (voir Tableau 6-14) :

	âge < ≈ 4 a	≈ 4 a < âge < ≈ 5 a	≈ 5 a < âge < ≈ 6 a
Qualité de la tutelle	Non Déterminant	Déterminant	A déterminer
Durée de l'activité	Non Déterminant	Favorable	Favorable
Sexe de l'enfant	Non Déterminant	Non Déterminant	Non Déterminant

Tableau 6-14. Poids relatif des critères retenus sur les résultats des enfants

Les deux études menées successivement nous ont permis de formuler plusieurs hypothèses quant à l'impact du dispositif de simulation « dessine avec ton doigt » :

- en dessous d'un âge de transition, que nous avons identifié aux alentours de 4 ans, les enfants ne mettent pas en relation la simulation avec le monde des objets, y compris dans des conditions favorables d'accompagnement ;
- au-delà de 4 ans et jusqu'à environ 5 ans, le rôle de l'adulte apparaît comme déterminant et le bénéfice au plan cognitif de l'utilisation du simulateur va être essentiellement lié à sa conduite vis-à-vis de l'enfant.
- au-delà d'environ 5 ans, l'utilisation est visiblement bénéfique quelle que soit la conduite de l'adulte, notre hypothèse étant que l'enfant est suffisamment outillé intellectuellement pour réaliser seul cette conversion, prenant conscience sans l'aide de l'adulte du lien causal entre les deux états de la transformation due au mélange.

6.6 Conduites des parents et des enfants

Avant d'en déterminer les caractéristiques formelles dans le chapitre suivant, nous avons effectué une première analyse des interactions dyadiques, sur la base de la lecture des transcriptions (voir Annexe 9) et du visionnage des vidéos. Certains types de conduites de

la part des parents, au cours de l'activité de découverte du dispositif multimédia, ont été distingués. De même, des conduites particulières provenant des enfants durant cette activité, ainsi qu'au cours du post-test qui a suivi, ont été relevées.

6.6.1 Conduites des parents durant l'activité

Cette première analyse informelle des interactions a révélé plusieurs traits caractéristiques des conduites des parents. Nous avons constaté que ceux-ci ont tenu relativement peu de discours conceptualisants vis-à-vis du savoir en jeu, leur intérêt portant le plus souvent sur des aspects formels de l'activité ou le résultat à obtenir.

En outre, les enfant et leur parent étant confrontés à un objet technique, un certain nombre d'échanges liés à son utilisation, et parfois à des difficultés de manipulation, a été relevé. Nous allons présenter plusieurs extraits d'interventions de parents illustrant ces différents points (voir Tableaux 6-15). La signification de chacune des colonnes de la grille de transcription utilisée, sera donnée dans le chapitre suivant.

- **Des échanges centrés sur le résultat de l'action**

Au cours de l'activité de manipulation du dispositif, un certain nombre de parents s'est davantage intéressé aux dessins réalisés par leur enfant, plutôt qu'aux moyens déployés pour y parvenir, notamment en terme de composition des couleurs. Les caractéristiques - formes et couleurs utilisées - des dessins, ont pris peu à peu une importance de premier plan, reléguant les contenus conceptuels au second plan. A titre d'exemple, voici un extrait de l'échange ayant eu lieu au sein de la dyade n°13. Durant cette séquence, le parent s'attache en particulier à l'aspect du dessin que son fils (4 ans 10 mois) est en train de réaliser à l'écran de l'ordinateur. Les interventions du père se font sur le plan verbal, l'enfant répond en manipulant.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
13.174	00:05:48	Génial ! et tu fais quel dessin alors maintenant				Teai1[d]	16	00:00:35
13.175				Hummm...				
13.176	00:05:54	Bah tu fais un petit rond, c'est tout			Appuie sur le pot à mélanges			
13.177					Trace un cercle sur la feuille			
13.178	00:05:59	Voilà ! ... tu peux lui mettre ses yeux peut-être						

13.179					Trace deux petits cercles
13.180	00:06:04	Ouahou...sa bouche			
13.181					Trace un trait
13.182	00:06:09	Voilà une jolie bouche... et son petit nez			
13.183					Commence à tracer un trait
13.184	00:06:13	Mets-nous le petit nez			
13.185					Se reprend
13.186	00:06:16	Ah c'est un grand nez alors...			
13.187				Là...	
13.188	00:06:18	Bravo			
13.189				Et ses cheveux	Trace des traits
13.190	00:06:20	Et ses cheveux			
13.191					Continue à tracer des traits

- **Des échanges relatifs à l'utilisation du dispositif de simulation**

Les modalités de la manipulation du dispositif muséologique en tant qu'objet technique peuvent rapidement devenir l'objectif principal de l'activité, la compréhension des concepts scientifiques sous-jacents passant alors également en arrière plan. Comme dans beaucoup de multimédias interactifs présentés dans les expositions scientifiques, le dispositif « dessine avec ton doigt » comporte une interface tactile. Cette particularité a généré différentes difficultés pour les enfants. Dans ce type d'écran, la pression exercée sur la dalle doit se faire en un seul point et de façon discontinue. Or les vidéos ont montré qu'un certain nombre d'enfants avait des difficultés à maintenir leur index perpendiculaire à l'écran, appuyant plutôt avec l'ensemble de leur main. Par ailleurs, les jeunes enfants ont spontanément tendance, avec ce type d'écran, à laisser leur doigt ou leur main en contact permanent avec la surface d'appui. Dans tous les cas, le résultat obtenu ne correspond pas aux intentions des enfants, ce qui s'avère être assez déroutant pour eux et pose problème pour la suite de l'activité. Dans l'extrait suivant qui concerne la dyade n°9, le parent a consacré un certain temps à expliquer à son fils (4 ans 8 mois) comment maintenir sa main pour appuyer convenablement sur l'écran, son objectif étant de lui faire dessiner le contour arrondi d'un dessin de pomme. Au cours de cet extrait d'interaction, les interventions du père sont verbales et physiques : il saisit à plusieurs reprises la main de son fils et manipule à sa place.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
9.101	00:03:37	Euh... euh voilà, faut simplement mettre le doigt comme ça				Teai3[d]	6	00:00:37
9.102	00:03:39	Bien le doigt droit	En prenant la main de son fils					
9.103			Fait dessiner son fils en lui appliquant le doigt sur l'écran					
9.104	00:03:42	Hoppp là... regarde ce que tu fais chaton	Lui fait dessiner l'intérieur de la pomme					
9.105			Continue					
9.106	00:03:50	Voilà, regarde tu vois, regarde... tu veux que papa il t'aide ?	Lâche la main de son fils					
9.107			Dessine à la place de son fils		Retire sa main			
9.108	00:03:55	Il va arrondir la pomme, regarde tu vois regarde, je passe doucement, une fois, hop..., hop, tu vois, bien passer doucement			Regarde son père faire			
9.109	00:04:06	Avec ton doigt, bien le doigt, un seul doigt	Retire sa main		Appuie à nouveau sur l'écran			
9.110	00:04:08	Les autres tu les ranges, comme ça...	Reprend la main de son fils avec les deux mains					
9.111	00:04:09	Comme ça	Lui montre comment tenir sa main et dresser l'index tendu en serrant les autres doigts					
9.112					Appuie avec le pouce			
9.113	00:04:11	Ou le pouce, tu peux mettre le pouce						
9.114					Continue le dessin avec le pouce			
9.115	00:04:13	C'est chouette ça						

Dans cet extrait d'interaction constitué de deux séquences, la série d'échanges au sein de la dyade n°2 porte sur la découverte des fonctions du logiciel. Comme précédemment, la question posée au sein de la dyade (« *Comment effacer le dessin pour obtenir une nouvelle page ?* »), ne relève pas véritablement d'une difficulté de compréhension de son fonctionnement, mais est plutôt relative à ses modalités d'utilisation. De telles questions sont inévitables dans le cadre d'une activité portant sur un dispositif à base de TIC. Lorsque la durée de l'activité dans laquelle elles s'inscrivent est limitée, comme c'est le cas au cours d'une visite d'exposition, la question est alors de savoir si ces questions, si elles sont répétées, ne vont pas contrarier l'appropriation du contenu de savoir en jeu.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
2.51	00:02:18	Et comment on efface et on peut refaire un beau dessin, un plus beau dessin ?				Bea[i]	9	00:00:12
2.52	00:02:22			Comment on efface ?				
2.53	00:02:25	Ben je sais pas, attend...						
2.54					Va pour toucher l'écran, sa mère lui retient la main			
2.55	00:02:26	On peut recommencer encore ? On peut les effacer ?	En se tournant vers l'expérimentateur					
2.56					Touche l'écran du doigt puis se retire			
2.57	00:02:30	Allez, comment on efface ?	Touche l'écran avec sa main entière en faisant un mouvement de balayage : la feuille se remplit		Ecoute sa mère et la regarde faire	Teai3[i]	10	00:00:19
2.58	00:02:32	Oh ben oui, tu parles.... Ah, t'avais pris d'autres couleurs toi...	En montrant le pot à mélange					
2.59	00:02:36	Alors attends, ça c'est quoi ça ? retourne la page... toc !	Appuie sur l'icône permettant d'obtenir une nouvelle feuille blanche					
2.60	00:02:39	Ah ça y est... Tu vois y'avait une flèche là, c'était pour relever la page, pour tour-	Montre l'icône du doigt et fait un mouvement avec la main.					

		ner la page sur le carnet, c'est comme si t'avais un carnet sur l'écran						
2.61	00:02:47	Alors on change, vas-y...						

- **Des échanges liés à une difficulté de fonctionnement**

Lorsque les utilisateurs d'un dispositif médiatique sont confrontés à des difficultés d'ordre fonctionnel, le dépassement de ces difficultés en conditionne le "bon" usage et devient alors l'objet premier de la manipulation. Comme tout logiciel, « dessine avec ton doigt » confronte les utilisateurs à un système sémiotique dont l'interprétation ne va pas toujours de soi. Ainsi que nous l'avons précisé (voir Chapitre 3), le caractère intuitif des interfaces, malgré les efforts des concepteurs, reste la plupart du temps assez relatif. Aussi simple soient-elles, *a priori*, l'utilisation de ces interfaces peut poser difficulté et de ce fait retenir l'attention de l'utilisateur en vue de leur interprétation et de leur appropriation, mobilisant ainsi ses ressources cognitives.

Dans l'extrait suivant concernant la dyade n°22, les échanges ayant lieu entre la mère et son fils (5 ans 7 mois), portent sur la procédure à suivre pour parvenir à réaliser un mélange (« *Sur quelles icônes appuyer et dans quel ordre ?*»). Le père, qui se trouvait à proximité, intervient, dialoguant essentiellement avec la mère. L'enfant se retrouve finalement en retrait comme en témoigne l'absence d'actes de langage.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
22.84	00:02:13	Fais le mélange				Teai1[i]	6	00:00:23
22.85	00:02:14	(père) Avec du jaune						
22.86					Appuie sur le pot à mélanges [le pot ne s'est pas renversé]			
22.87					Trace un trait sans résultat			
22.88		Non						
22.89	00:02:17	(père) Non, prends du bleu et du jaune						
22.90	00:02:18	Du bleu et du jaune et fais le mélange, mais je sais pas dans quel sens ça			Appuie sur les tubes de cyan et de jaune			

		fonctionne...					
22.91					Appuie sur le pot à mélanges [le pot ne s'est pas renversé]		
22.92	00:02:22	Ah !					
22.93					Trace un trait sans résultat		
22.94	00:02:23	Recommence avec du bleu	En montrant les tubes de peinture				
22.95					Appuie sur les tubes de cyan et de jaune		
22.96					Appuie sur le pot à mélanges qui déborde		
22.97	00:02:27	Voilà on a trouvé !					
22.98					Trace un trait sur la feuille		
22.99	00:02:29	C'est ça ? C'est du vert ça ?					
22.100		(père) Oui					
22.101					Appuie sur les tubes de cyan et de jaune		

Tableau 6-15. Extraits d'échanges parents/enfants durant l'activité

Comme nous venons de le voir au travers de ces quelques extraits d'interactions, les raisons qui vont détourner les parents de l'objet premier de l'activité de manipulation du dispositif médiatique sont nombreuses. Dans le chapitre suivant, la caractérisation individuelle des interactions va permettre de vérifier ce qu'il en a réellement été au sein de chaque dyade. Quoi qu'il en soit, nous pouvons d'ores et déjà penser que la méconnaissance du dispositif par les parents, en termes d'utilisation et de fonctionnement, ainsi que leur centration sur les dessins réalisés par les enfants plutôt que sur le processus de mélange des peintures, expliquent pour partie un impact moindre de l'activité sur ces derniers. Concernant les attitudes des enfants, nous avons également observé certaines régularités au cours de l'activité.

6.6.2 Conduites des enfants durant l'activité

Au cours de l'activité de manipulation du simulateur informatique, nous avons en effet observé des conduites récurrentes chez l'ensemble des enfants. Nous avons d'une part remarqué que, quel que soit leur âge, les jeunes enfants avaient tendance à vérifier réguliè-

rement sur leur index la présence éventuelle de peinture. Une telle attitude indique vraisemblablement qu'il subsiste pour ces enfants une ambiguïté, entre l'activité réalisée à l'aide des objets virtuels et le monde des objets physiques. Se pose alors la question, que nous avons développée dans le Chapitre 2, du rapport du virtuel au réel et par conséquent de la mise en relation entre les deux.

Par ailleurs, nous avons également observé que les enfants, mais aussi certains adultes, appuyaient du doigt sur les objets symboliques représentés à écran, en effectuant un geste différent selon l'objet symbolisé : un geste de forme concentrique sur les pots de peinture ou de forme rectiligne sur les tubes, comme s'ils effectuaient à même l'écran, un mélange de peinture ou lissaient les tubes pour en extraire leur contenu. Là encore, la frontière entre le virtuel et le réel semble peu explicite, le caractère pseudo réaliste des objets symboliques utilisés étant visiblement source de confusions. Cette attitude, qui nuit à la réactivité de l'interface, pose la question du recours, non seulement aux objets figuratifs pour symboliser les objets réels, mais aussi aux écrans tactiles, qui évacuent toute distance entre l'utilisateur et l'écran.

Ces attitudes, relevant de la seule interaction homme-machine, posent donc également la question du rapport entre l'utilisateur et les objets virtuels représentés à l'écran. Nous ferons le point sur ces questions dans la conclusion.

6.6.3 Conduites des enfants durant le post-test

Rappelons que l'objet du post-test est d'identifier les enfants susceptibles d'avoir tiré profit de la manipulation du dispositif de simulation au plan cognitif. Durant cet entretien, comme nous l'avons vu, certains enfants du groupe "parents" et du groupe "médiateur", ont eu recours à la procédure de mélange pour composer les couleurs manquantes. Après les avoir laissé terminer leur dessin, l'expérimentateur a interrogé ces enfants pour tenter de déterminer dans quel contexte ils avaient appris cela et notamment s'ils faisaient référence à l'activité de simulation réalisée dans l'exposition.

La conduite d'un entretien verbal avec des enfants d'âge préscolaire est un exercice délicat, tant ils ont des difficultés à s'extraire de leur propre pensée, caractérisée à cet âge par l'égoïsme. Les jeunes enfants peinent en effet à adopter un autre point de vue que le leur et les réponses données peuvent n'avoir aucun rapport avec les questions de l'expérimentateur, du point de vue de ce dernier tout du moins. Par ailleurs, les enfants de cet âge n'hésitent pas à se contredire dans leurs explications et il est finalement bien difficile d'obtenir des données précises et fiables de leur part.

Concernant notre interrogation, nous avons obtenu peu d'informations. Certains enfants, pris dans l'activité, n'ont pas répondu. D'autres ont simplement dit qu'ils ne savaient pas.

Finalement, seuls deux des sept enfants ayant réussi le post-test, ont donné une réponse, en faisant référence aux activités de peintures réalisées à l'école pour expliquer le fait d'avoir eu recours au mélange de peintures (voir Tableaux 6-16).

Jibril, 4 ans 10 mois (dyade n°13)

Enfant	: Je mets dedans [Prend le gobelet et y met de la peinture bleue]... Je mets du jaune [Ajoute de la peinture jaune]... Hé, ça devient vert un peu... [Continue à mélanger et ajoute du jaune]
Expérimentateur	: Alors ça devient de quelle couleur ?
Enfant	: Vert
Expérimentateur	: Vert, alors tu peux peindre, hein ?
Enfant	: Je vais faire encore... [Continue son mélange, ajoute encore du bleu et du jaune]
Expérimentateur	: Alors dis-moi Jibril, comment tu sais qu'on peut faire du vert en mélangeant du bleu et du jaune ?
Enfant	: Comme ça, j'ai réfléchi...
Expérimentateur	: Tu as réfléchi ? Mais quand est-ce que tu l'as... où est-ce que tu as appris ça ?
Enfant	: Ben, dans mon école...
Expérimentateur	: Ah... tu as appris ça à l'école ... c'est à l'école que tu as fait des couleurs comme ça ?
Enfant	: Oui...
Expérimentateur	: C'est ça ?... Et des mélanges de peinture, est-ce que tu en as fait à la Cité des enfants ?
Enfant	: ... [Continue à mélanger]
Expérimentateur	: Ben voilà, je crois que tu peux peindre maintenant, parce que ton vert il est bien, regarde... tu veux peindre un peu l'herbe ?
Enfant	: Oui
Expérimentateur	: Vas-y

Bertrand, 5 ans 7 mois (dyade n°22)

Expérimentateur	: Comment tu peux faire ?
Enfant	: Alors du bleu... [Trempe son pinceau dans le pot de peinture cyan] et du j... [Trempe le pinceau dans le pot de peinture jaune]
Expérimentateur	: Et du... ?
Enfant	: Ouais... et du jaune
Expérimentateur	: Vas-y
Enfant	: Hop, ça fait du vert [Etale la peinture avec le pinceau]
Expérimentateur	: Ah, exact, tu vois ?... Comment tu sais ça, Bertrand ?... Où est-ce que tu as appris comment faire du vert ?
Enfant	: Euh... à l'école
Expérimentateur	: A l'école, tu as appris ça... Et dis-moi, est-ce que tu en as fait des mélanges de peintures à la Cité des enfants ?
Enfant	: Mais on fait parfois pas de peinture,... mais des fois on fait des peintures
Expérimentateur	: D'accord...
Enfant	: Mais y'a beaucoup de vert dans l'école

Tableaux 6-16. Extraits d'échanges expérimentateur/enfants durant le post-test

Ces deux extraits d'échanges avec l'expérimentateur montrent que les enfants sont avant tout sensibles aux expériences vécues en situations réelles de manipulation. L'activité de simulation n'a visiblement pas été considérée par ces enfants comme relevant d'une activité de peinture. Il est vraisemblable que les deux situations ont donc été vécues par les enfants comme étant indépendantes l'une de l'autre. Toutefois, selon les résultats que nous avançons, l'utilisation du simulateur a eu un impact sur ces enfants. Dans ces conditions, il est envisageable que celle-ci ait essentiellement une fonction de formalisation de connaissances plus ou moins implicites, qui auraient été constituées sur la base d'expériences réelles. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre suivant, dans lequel nous allons nous intéresser aux conduites des parents, notamment sur le plan du contenu informationnel des échanges, afin de déterminer en quoi elles ont pu influencer sur l'impact de l'activité de simulation.

Chapitre 7 - Caractérisation des interactions à l'aide du modèle du *carré médiatique*

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons utilisé le modèle du carré médiatique précédemment présenté (voir Chapitre 3) pour caractériser les interactions dyadiques. Le découpage puis le codage des corpus interactifs, nous a en effet permis d'élaborer le diagramme de l'évolution de chacune des interactions, du point de vue des critères retenus. L'analyse de ces diagrammes nous a permis de rendre compte de manière quantitative, du contenu conceptuel des échanges, de l'autonomie laissée à l'enfant sur le plan de la manipulation ainsi que des difficultés éventuelles liées à l'utilisation de l'instrument.

7.1 Introduction

L'utilisation du modèle du *carré médiatique* que nous avons proposé, comme représentation de la situation médiatique, répond à un certain nombre de résultats d'observation dont nous venons de rendre compte dans le chapitre précédent.

Au cours de l'activité dans l'exposition, nous avons vu que les utilisateurs enfants et adultes sont parfois amenés à mobiliser fortement leur attention pour s'approprier le fonctionnement de l'instrument. Cette nécessité de parvenir à la maîtrise de l'objet au plan technique, en vue de pouvoir accéder au savoir qu'il médiatise, a comme conséquence de reléguer temporairement ce dernier au second plan. Il est fort probable qu'au cours de l'interaction qui ne dure que quelques minutes, les interventions répétées consacrées à l'appropriation de l'instrument vont nuire à la portée de l'activité en terme d'impact cognitif. D'où la proposition d'une approche instrumentale qui fait souvent défaut lorsqu'il est question de représenter des situations d'apprentissage s'appuyant sur des objets techniques.

Par ailleurs, au cours de l'exploration du dispositif, nous avons vu que les parents sont davantage préoccupés par l'obtention de résultats observables, que par la compréhension par les enfants du contenu de savoir médiatisé. Lorsqu'ils interviennent, ils fournissent généralement peu d'explications et orientent essentiellement l'activité de l'enfant par des tâches d'actions menant au but qu'ils se sont proposés d'atteindre. Les contenus conceptuels explicites des énoncés sont donc relativement pauvres, ce qui a une nécessaire incidence sur l'impact de la manipulation au plan cognitif. C'est pourquoi le modèle du carré devait également rendre compte de la place accordée au savoir au cours de l'interaction.

Enfin, nous avons constaté des différences de conduites entre les parents, d'une interaction à l'autre. Certains parents n'hésitent pas à intervenir à la place de l'enfant, qui devient alors simple observateur, alors que d'autres restent en retrait physiquement durant toute la durée de l'interaction, faisant systématiquement manipuler l'enfant. De tels écarts ont là encore de probables conséquences sur l'impact de l'utilisation du dispositif. Dans ces conditions, il était nécessaire que le modèle puisse également représenter la conduite des adultes dans le rapport qu'ils entretiennent à l'instrument vis-à-vis des enfants.

Le modèle quaternaire que nous proposons, tente de représenter au mieux la réalité de la situation médiatique face au dispositif, en conciliant les différentes approches qui viennent d'être exposées. L'originalité de notre proposition est de faire "vivre" ce modèle, de l'animer, en lui donnant forme selon différentes configurations que nous avons considérées comme les plus caractéristiques et que nous allons présenter ci-après. L'objectif étant de caractériser chacune des interactions observées.

7.2 Caractérisation des interactions à l'aide du carré médiatique

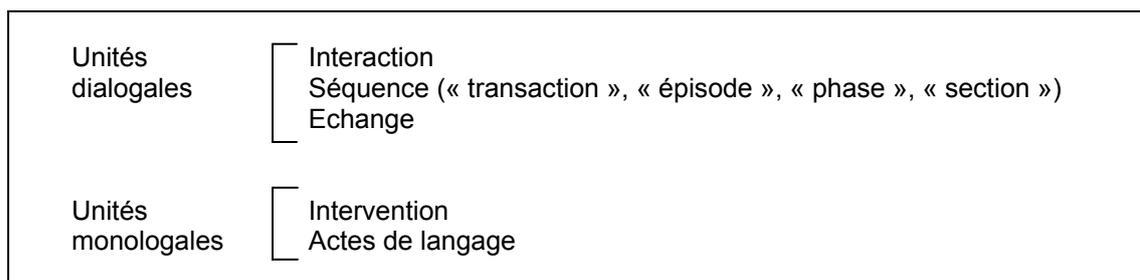
Ce paragraphe est consacré à la présentation de la méthode d'analyse des interactions, qui nous a permis de rendre compte des interventions des parents et des enfants, au plan verbal et non verbal. L'analyse a consisté en un découpage des corpus en séquences, puis d'un codage des séquences à l'aide de notre modèle, pour aboutir finalement à l'élaboration du tracé de l'évolution de chaque interaction dyadique pendant la durée de l'activité, représenté sous forme de diagramme.

7.2.1 Découpage du corpus interactif

Pour Kerbrat-Orecchioni, une interaction est définie comme suit : « *Pour qu'on ait affaire à une seule et même interaction, il faut et il suffit que l'on ait un groupe de participants modifiable mais sans rupture, qui dans un cadre spatio-temporel modifiable mais sans rupture, parlent d'un objet modifiable mais sans rupture* » (1998, p. 216).

Pour notre recherche, selon cette définition, une interaction est relative à une même dyade parent/enfant, liée autour de l'activité de manipulation du dispositif « dessine avec ton doigt », l'objet de la manipulation étant pour le parent de faire prendre conscience à l'enfant du processus de transformation relatif au mélange des peintures. L'interaction prend fin lorsque l'un des deux partenaires met un terme à l'activité.

Kerbrat-Orecchioni propose un modèle hiérarchique entre les rangs qui constituent l'interaction (voir Encadré 7-1).



Encadré 7-1. Les rangs de l'interaction, d'après Kerbrat-Orecchioni (1998, p. 213)

Dans un premier temps, nous avons transcrit les enregistrements des échanges à l'aide d'un tableau qui distingue les interventions du parent de celles de son enfant. Nous avons retenu un mode de transcription qui permet de rendre compte aussi bien des interventions verbales que des interventions non verbales (gestes, manipulations, mimiques, etc.) des deux partenaires. La durée des interventions a été notée et chacune d'elles a été numérotée. Les composantes non verbales dans la communication adulte/enfant sont très importantes, d'autant plus que les enfants jeunes s'expriment essentiellement au travers de l'action. Par ailleurs, la particularité du dispositif « dessine avec ton doigt » est qu'il est muni d'une interface tactile. Comme nous le verrons lors de la discussion, le geste des utilisateurs prend toute son importance avec ce type d'interface.

La caractérisation de l'interaction au niveau de chaque dyade va porter sur les aspects verbaux et non verbaux des interventions. La recherche réalisée par François et Weil-Barais (2003) concernant les outils méthodologiques utilisés dans la description des interactions, montre que l'analyse des aspects formels de l'interaction est beaucoup moins performante que l'analyse du contenu informationnel, pour rendre compte de la construction des connaissances en cours d'interaction. C'est pourquoi nous n'allons pas nous préoccuper des styles interactifs déployés par les parents, même si nous savons d'après les recherches précédemment citées (Ailincăi, 2001, 2005 ; Piani & Weil-Barais, 1998), que les modes d'intervention des adultes ont une incidence sur la portée de la manipulation du dispositif sur l'enfant, du point de vue de la transmission des connaissances. Nous nous sommes donc centré sur les tâches demandées par l'adulte à l'enfant, et sur le contenu informationnel des échanges au sein de la dyade. C'est ce critère que nous avons utilisé pour effectuer le découpage du corpus en séquences.

En examinant la suite des interventions des parents et des enfants, il est en effet possible d'identifier les objets de leurs échanges, notamment en termes d'activités coordonnées par un but explicite ou implicite (dénommer, identifier, comparer, expliquer, etc...). En nous référant à Kerbrat-Orecchioni (1998), nous avons procédé à un découpage de chaque interaction en *séquences*, chacune d'elles étant constituée d'une ou plusieurs interventions,

traitant d'un thème commun ou centrées sur une même tâche. La durée minimale d'une séquence a été fixée à 5 secondes.

Chaque séquence est donc caractérisée par les demandes et/ou les explications concernant le phénomène et les actions entreprises au sein de la dyade. Relativement au domaine de connaissances concerné, la séquence peut porter par exemple sur l'obtention d'une couleur donnée, le mélange de deux couleurs, l'observation de l'évolution de la couleur du pot à mélange, l'explication ou la demande d'explication concernant la transformation, l'anticipation du résultat d'un mélange, etc. Mais l'objet d'une séquence peut ne pas porter sur le savoir médiatisé par l'instrument, et référer à des questions relatives, par exemple, au fonctionnement de l'instrument, comme nous le verrons ci-après.

Quel que soit le contenu des échanges qui la constituent, chaque séquence ainsi repérée a ensuite été codée à l'aide du modèle du carré médiatique. Le découpage des interactions puis les codages ultérieurs des séquences qui les constituent, ont été réalisés par deux codeurs indépendants qui ont ensuite comparé leurs résultats. Ceux-ci étant très proches, il n'y a pas eu nécessité de faire intervenir une tierce personne.

A titre d'exemple, nous présentons dans le tableau ci-après, un extrait de transcription accompagné du codage des séquences qui va être explicité par la suite (voir Tableau 7-1).

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
2.57	00:02:30	Allez, comment on efface ?	Touche l'écran avec sa main entière en faisant un mouvement de balayage : la feuille se remplit		Ecoute sa mère et la regarde faire	Teai3[ij]	10	00:00:19
2.58	00:02:32	Oh ben oui, tu parles.... Ah, t'avais pris d'autres couleurs toi...	En montrant le pot à mélange					
2.59	00:02:36	Alors attends, ça c'est quoi ça ? retourne la page... toc !	Appuie sur l'icône permettant d'obtenir une nouvelle feuille blanche					
2.60	00:02:39	Ah ça y est... Tu vois y'avait une flèche là, c'était pour relever la page, pour tourner la page sur le carnet, c'est comme si t'avais un carnet sur l'écran	Montre l'icône du doigt et fait un mouvement avec la main.					
2.61	00:02:47	Alors on change, vas-y...						

2.62	00:00:49				Appuie sur les tubes de cyan et de jaune	Teai1[d]	11	00:00:07
2.63	00:02:50	Et tu refais un beau dessin, maintenant, une maison, quelque chose...			Appuie sur le pot à mélange en "touillant"			
2.64	00:02:54	Vas-y.			Arrête et regarde son doigt			
2.65	00:02:56				Commence à dessiner sur la feuille	Bei[d]	12	00:00:09
2.66	00:03:05	T'as qu'à faire un arbre...				Teai1[d]	13	00:00:07
2.67				Humm...				
2.68	00:03:07	Un arbre						
2.69					Continue à dessiner			
2.70	00:03:11	Alors je sais pas, mets des couleurs, mets des fruits des pommes						

Tableau 7-1. Extrait de transcription du corpus (dyade n°2)

Dans ce tableau, le groupe de colonnes intitulé "intervention" rend compte des caractéristiques de l'interaction parent/enfant. De gauche à droite, apparaissent successivement :

- le n° de l'intervention, précédé par un point du n° de la dyade concernée ;
- la durée de l'intervention en hh : mn : ss ;
- le contenu de l'intervention de l'adulte au plan verbal ;
- le contenu de l'intervention de l'adulte au plan non verbal ;
- le contenu de l'intervention de l'enfant au plan verbal ;
- le contenu de l'intervention de l'enfant au plan non verbal.

Le groupe de colonnes intitulé "séquence", fait apparaître le découpage réalisé. De gauche à droite, apparaissent successivement :

- le n° de code de la configuration du modèle caractérisant la séquence ;
- le n° de la séquence ;
- la durée totale de la séquence en hh : mn : ss.

7.2.2 Configurations du carré médiatique

Rappelons que, d'un point de vue très général, le modèle du carré médiatique représente une situation de médiation liant deux partenaires, un apprenant et un tuteur, en interaction

autour d'un même objet de savoir médiatisé par un instrument. A chaque situation étudiée, correspond des particularités. Dans notre recherche, la situation est celle d'une visite d'exposition interactive scientifique, les deux partenaires sont un enfant et l'adulte qui l'accompagne, l'instrument est composé d'un ordinateur à interface tactile faisant "tourner" un logiciel, quant au savoir qui nous intéresse il s'agit du processus de transformation relatif à l'opération de mélange des pigments colorés.

La spécificité de notre approche est de faire fonctionner ce modèle en précisant les relations qui s'instaurent au cours de l'interaction entre les composantes de la situation médiatique, que sont l'enfant, l'adulte, le savoir et l'instrument, c'est-à-dire entre les quatre pôles du modèle.

La seconde étape de l'analyse a été de coder, pour chaque corpus interactif, les séquences identifiées. Pour cela, nous nous sommes appuyé sur les configurations du modèle représentant les états de l'interaction les plus fréquemment observés ou susceptibles d'être rencontrés. Chaque configuration est spécifiée par les composantes de la situation médiatique représentées (voir Tableau 7-2).

Caractéristique Configuration	savoir	enfant	adulte	instrument
Qseai1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qseai2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qseai3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tsea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Tsei	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	/	<input type="checkbox"/>
Tsai	<input type="checkbox"/>	/	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/	/
Bsa	<input type="checkbox"/>	/	<input type="checkbox"/>	/
Teai1	/	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teai2	/	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teai3	/	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bea	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Bei	/	<input checked="" type="checkbox"/>	/	<input type="checkbox"/>
Bai	/	/	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tableau 7-2. Caractéristiques des configurations du *carré médiatique*

Nous avons choisi comme premier critère de présentation, la présence ou non du savoir au sein de la situation médiatique : le symbole "" représente la présence et "/" l'absence. Comme second critère, nous avons retenu la présence ou non des deux partenaires, en

commençant par l'enfant puis par l'adulte : le symbole "☑" représente la présence avec manipulation, "☐" représente la présence et "/" l'absence. Enfin comme dernier critère, nous avons choisi la présence de l'instrument. Nous avons surligné les configurations du modèle où l'enfant manipule.

Au total, nous avons identifié quatorze configurations possibles (voir Tableau 7-3), représentant donc chacune, un état de l'interaction.

Relation \ Participant(s)	Quatenaire	Ternaire	Binaire
Enfant et adulte	Qseai1	Tsea	Bea
	Qseai2	Teai1	
	Qseai3	Teai2	
		Teai3	
Enfant seul		Tsei	Bse
			Bei
Adulte seul		Tsai	Bsa
			Bai

Tableau 7-3. Répartition des catégories d'échange selon la nature de la relation et les partenaires impliqués

Le libellé des codes utilisés renvoie aux caractéristiques de la configuration du modèle à laquelle ils correspondent :

- La première lettre, "Q", "T" ou "B", symbolise le type de relation, selon que celle-ci est quaternaire, ternaire ou binaire.
- La lettre "s" correspond à la présence du savoir au sein de la situation.
- La ou les lettres suivantes, "ea", "e" ou "a", symbolisent les partenaires en présence, à savoir l'enfant et l'adulte, l'enfant seul ou l'adulte seul. Le fait de considérer qu'un des deux partenaires n'est plus présent momentanément, signifie qu'il n'est plus inclus dans la situation médiatique, autrement dit qu'il ne participe plus à l'interaction, et ce pendant le temps que dure l'état de l'interaction considéré. Cela ne signifie pas qu'il est absent physiquement, auquel cas il y aurait rupture de la situation médiatique. Dans le Chapitre 3 consacré à la présentation du modèle, nous avons donné quelques exemples de cas où l'un des deux partenaires peut être absent.
- La lettre "i" correspond à la présence de l'instrument.

- Le dernier chiffre correspond au numéro de configuration du modèle, dans la série ayant les mêmes caractéristiques, du point de vue des pôles mobilisés.

Les codes Qseai1, Qseai2, Qseai3, correspondent ainsi aux configurations quaternaires et symbolisent chacun une situation où toutes les composantes interagissent. La différence se fait au niveau du partenaire qui manipule, enfant et/ou adulte.

Teai1, Teai2, Teai3, correspondent aux trois configurations ternaires représentant une situation médiatique d'où le savoir est absent.

Dans les pages suivantes, nous allons présenter de manière succincte, chacune des quatorze configurations du modèle (voir Tableaux 7-4).

<p>La relation est quaternaire. Les échanges verbaux et les manipulations s'établissent autour du savoir en jeu. L'enfant manipule seul. L'adulte reste en retrait physiquement.</p>	<p>Qseai1</p>
<p>La relation est quaternaire. Les échanges verbaux et les manipulations s'établissent autour du savoir en jeu. L'adulte et l'enfant manipulent simultanément.</p>	<p>Qseai2</p>
<p>La relation est quaternaire. Les échanges verbaux et les manipulations s'établissent autour du savoir en jeu. L'adulte manipule seul. Il montre à l'enfant qui reste en retrait physiquement.</p>	<p>Qseai3</p>

<p>La relation est ternaire.</p> <p>Aucun des deux partenaires ne manipule. L'interaction se limite à des échanges verbaux autour du savoir en jeu.</p>	<p>Tsea</p> <p>Diagram illustrating the Tsea relationship. It shows four nodes: E (Enfant), A (Adulte), I (Instrument), and S (Savoir). E and A are connected by a vertical double-headed arrow labeled 'Interaction physique et verbale'. E and A are also connected to S by arrows labeled 'Apprentissage' and 'Tutorat' respectively. A blue curved arrow labeled 'Médiation humaine' connects E and S. Dashed lines connect I to E, I to A, and I to S.</p>
<p>La relation est ternaire.</p> <p>L'adulte est en retrait physiquement et verbalement, mais reste présent.</p> <p>L'enfant manipule seul, le savoir médiatisé est exprimé au cours de la manipulation.</p>	<p>Tsei</p> <p>Diagram illustrating the Tsei relationship. It shows four nodes: E (Enfant), A (Adulte), I (Instrument), and S (Savoir). E and A are connected by a vertical double-headed arrow labeled 'Interactivité fonctionnelle'. E and A are also connected to S by arrows labeled 'Apprentissage'. A blue curved arrow labeled 'Médiation instrumentale' connects E and S. A solid arrow connects I to S. Dashed lines connect I to E and I to A.</p>
<p>La relation est binaire.</p> <p>L'adulte est en retrait physiquement et verbalement tout en restant présent.</p> <p>L'adulte ne manipule pas l'instrument, mais tente de s'appropriier le savoir médiatisé par l'instrument.</p>	<p>Bse</p> <p>Diagram illustrating the Bse relationship. It shows four nodes: E (Enfant), A (Adulte), I (Instrument), and S (Savoir). E and A are connected by a vertical double-headed arrow. E and A are also connected to S by arrows labeled 'Apprentissage'. Dashed lines connect I to E, I to A, and I to S.</p>

<p>La relation est ternaire.</p> <p>L'enfant est en retrait physiquement et verbalement, mais reste présent.</p> <p>L'adulte manipule en vue de s'approprier le savoir médiatisé par l'instrument.</p>	<p>Tsai</p>
<p>La relation est binaire.</p> <p>L'enfant est en retrait physiquement et verbalement tout en restant présent.</p> <p>L'adulte ne manipule pas l'instrument, mais tente de s'approprier le savoir médiatisé par l'instrument.</p>	<p>Bsa</p>
<p>La relation est ternaire.</p> <p>L'enfant manipule seul. L'adulte reste en retrait physiquement.</p> <p>Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur un autre objet.</p>	<p>Teai1</p>

<p>La relation est ternaire.</p> <p>L'enfant et l'adulte manipulent simultanément l'instrument. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu.</p>	<p>Teai2</p>
<p>La relation est ternaire.</p> <p>L'adulte manipule seul. L'enfant est en retrait physiquement. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu.</p>	<p>Teai3</p>
<p>La relation est binaire.</p> <p>Ni l'adulte, ni l'enfant ne manipulent.</p> <p>Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur un autre objet.</p>	<p>Bea</p>

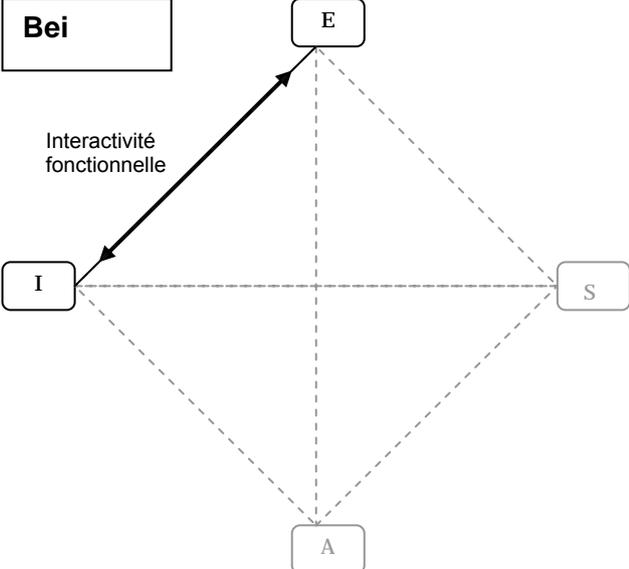
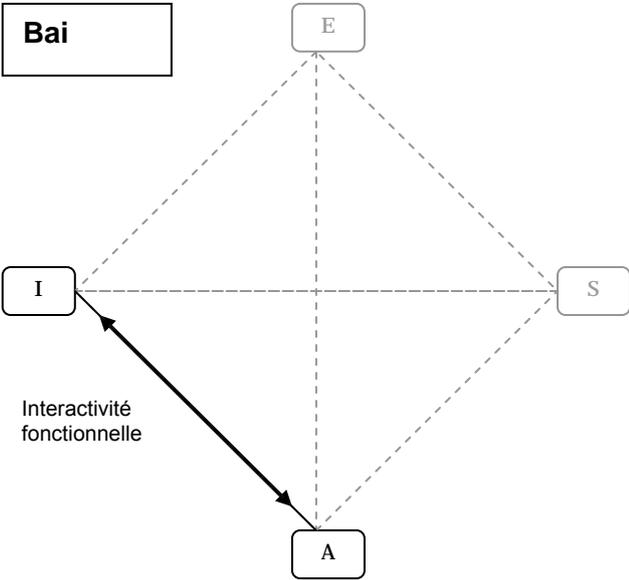
<p>La relation est binaire. L'enfant manipule seul l'instrument. L'adulte n'intervient pas. Le savoir médiatisé n'est pas exprimé.</p>	<p>Bei</p> 
<p>La relation est binaire. L'enfant est en retrait physiquement et verbalement tout en restant présent. L'adulte manipule l'instrument, mais sa manipulation n'est pas en lien avec le savoir médiatisé.</p>	<p>Bai</p> 

Tableau 7-4. Caractérisation des séquences selon les termes du carré médiatique

7.2.3 Codage des séquences à l'aide du modèle

La difficulté dans cette étape, est de trouver les identifiants présents dans les échanges composant la séquence qui vont permettre de déterminer la configuration du modèle représentant le mieux l'interaction.

Tant que l'objet de l'interaction entre les deux partenaires porte sur le processus de mélange, nous considérons que le savoir est présent dans la situation médiatique. Si le savoir n'est pas exprimé, c'est que les échanges ne portent plus sur cet objet et/ou que les manipulations ne sont plus en lien avec lui. Le modèle quaternaire représentant la situation se trouve alors tronqué, laissant place à une relation ternaire voire binaire, pour peu que momentanément l'un des deux partenaires se retire ou que l'instrument ne soit plus utilisé.

Dans tous les cas, ce dernier n'est plus utilisé pour sa fonction de médiation du point de vue du savoir visé.

Lorsque le savoir n'est pas exprimé, l'interaction entre les deux partenaires, porte sur un autre objet. A la lecture des transcriptions des interactions, nous avons constaté qu'il y en avait deux. Ce peut être (1) l'utilisation de l'instrument pour lui-même : les échanges et manipulations ont alors pour finalité la maîtrise du fonctionnement de l'instrument. En ce qui concerne notre recherche, il s'agit du fonctionnement de l'interface du dispositif « dessine avec ton doigt ». Ce peut être également (2) la réalisation d'une tâche ou d'une action que permet l'instrument, mais qui ne correspond pas à l'objectif de savoir assigné à l'activité. Dans le cas du dispositif « dessine avec ton doigt », il s'agit de l'activité de dessin que l'enfant réalise, sur demande ou non de l'adulte. L'objet de l'activité, lorsque le savoir n'est pas en jeu, est signalé à la suite du code : [i] pour instrument et [d] pour dessin.

Rappelons que le savoir qui nous intéresse réfère au processus de transformation relatif à la synthèse des pigments colorés. Nous faisons l'hypothèse que l'activité de simulation est susceptible d'aider l'enfant à appréhender le processus de transformation lié au mélange et de lui permettre d'en prendre conscience de façon à ce que cette connaissance procédurale devienne explicite et opératoire.

Une telle hypothèse suppose que l'adulte qui accompagne l'enfant, mette l'accent sur cet aspect conceptuel, en proposant une approche relationnelle de la procédure de mélange. Notre préoccupation est de déterminer ce qu'il en est effectivement, et d'en rendre compte au travers de l'analyse et du codage du corpus. Nous considérons que si l'objet d'un échange est relatif à cette dimension relationnelle, le savoir est présent. Et ce quels que soient les conduites déployées par le parent, que ce soit par exemple au travers d'une demande, d'une suggestion, d'un questionnement, lié à :

- une action à réaliser ("Appuie sur les deux tubes")
- un but à atteindre ("J'aimerais que tu fasses du vert"),
- une observation à effectuer ("Regarde la couleur du pot à mélange"),
- une explication à donner ("Pourquoi ça devient vert ? "),
- une prévision à faire ("A ton avis, que va-t-il se passer ? ")
- etc.

Nous considérons qu'il y a rupture de la situation médiatique dans plusieurs cas : lorsque les échanges entre l'enfant et l'adulte ne concernent plus, ni l'instrument, ni le savoir médiatisé par l'instrument ; lorsque l'enfant, avec ou sans l'adulte, se retire physiquement de la situation, c'est-à-dire qu'il quitte le dispositif.

7.2.4 Exemples de codages

Nous allons maintenant donner des exemples de séquences (voir Tableau 7-5), codées chacune avec l'une des configurations du modèle, dans l'ordre dans lequel nous venons de les définir (voir Tableaux 7-5). Les extraits présentés sont tirés des transcriptions des corpus dyadiques du groupe "parents" (voir Annexe 9).

Exemple de codage Qseai1

Rappel : La relation est quaternaire. Les échanges verbaux et les manipulations s'établissent autour du savoir en jeu. L'enfant manipule seul. L'adulte intervient uniquement au plan verbal.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
1.1	00:00:00	Alors regarde ce que ça fait, expérimente...			Appuie sur le tube de peinture cyan	Qseai1	1	00:00:37
1.2		Vas-y mets du jaune, un peu, du bleu...						
1.3	00:00:09	Ah t'as vu, ça a fait tomber une goutte là, ça a rajouté un peu du bleu.	Montre le pot à mélange		Ecoute sans rien faire			
1.4		Maintenant qu'est-ce qu'il se passe si tu rajoutes un petit peu de jaune ?						
1.5					Ajoute du jaune en appuyant sur le tube			
1.6	00:00:19	T'as vu ? Ca... le bleu et le jaune ça fait changer de couleur...	En montrant le pot à mélange					
1.7		Alors regarde comment ça fait...						
1.8					Appuie à nouveau sur le tube jaune			
1.9	00:00:26	T'as vu ? maintenant rajoute...						
1.10	00:00:27			Du vert				
1.11	00:00:28	Ouais !!! Et comment tu fais maintenant ? Rajoutes d'autres couleurs, regarde les couleurs que ça fait.						

1.12					Appuie une fois sur le tube de magenta puis arrête			
1.13	00:00:36	Tu peux en mettre plus si tu veux encore...						

Exemple de codage **Qseai2**

Rappel : La relation est quaternaire. Les échanges verbaux et les manipulations s'établissent autour du savoir en jeu. L'adulte et l'enfant manipulent simultanément.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
13.50	00:01:58	Maintenant il faut que tu refasse la couleur. Donc faut nous faire du... ?				Qseai2	7	00:00:28
13.51					Va pour appuyer			
13.52	00:02:02	Pour faire du vert, c'est du... ?						
13.53					Ne dit rien, appuie sur le tube de jaune			
13.54	00:02:05	Du vert, euh du bleu avec quoi ?			Appuie sur le tube de cyan			
13.55	00:02:09			Du jaune				
13.56	00:02:10	Voilà..., ah mais t'as mis trop de bleu là !	Lui pousse la main					
13.57					Appuie sur le tube de jaune			
13.58	00:02:13	Tu as mis trop de bleu... faut mettre du jaune						
13.59				Inaudible				
13.60	00:02:18	Mais faut t'approcher ici	Lui prend l'index pour le mettre sur le tube de jaune					
13.61	00:02:21	Là						
13.62					Appuie sur le tube de jaune			
13.63	00:02:23	Super, c'est très bon, c'est très bon	Lui pousse la main					
13.64					S'arrête			

Exemple de codage Qseai3

Rappel : La relation est quaternaire. Les échanges verbaux et les manipulations s'établissent autour du savoir en jeu. C'est l'adulte qui manipule.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
2.6	00:00:22	Attends, un petit peu de rose et un petit peu de bleu... Bon, et qu'est-ce que ça donne alors ?				Qseai3	2	00:00:09
2.7				Blanc				
2.8	00:00:27	On prend, on prend la peinture dans le pot, hop, pour mélanger..., je mélange ?	Touche le pot et fait mine de mélanger en effectuant du doigt un mouvement circulaire					
2.9				Hummm...				

Exemple de codage Tsea

Rappel : La relation est ternaire. Aucun des deux partenaires ne manipule. L'interaction se limite à des échanges verbaux autour du savoir en jeu.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
6.2	00:00:08	Donc il faut que tu touches l'écran, d'accord et tu vas mélanger les couleurs ici, pour obtenir du vert. Alors comment... quelle couleur tu mélanges pour obtenir du vert ?				Tsea	2	00:00:17
6.3	00:00:17	Tu as du jaune...	En désignant le tube de jaune					
6.4	00:00:20	Ca c'est quoi ?	En montrant le tube de cyan					
6.5	00:00:21			Du bleu... et du violet	En montrant du doigt les tubes de peinture			
6.6	00:00:23	Tu fais du bleu et du jaune pour obtenir du vert ?						
6.7				... (inaudible)				

Exemple de codage Tsei

Rappel : La relation est ternaire. L'adulte est en retrait physiquement et verbalement, mais reste présent. L'enfant manipule seul, le savoir médiatisé est exprimé au cours de la manipulation.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
3.43	00:01:13				Recommence à appuyer sur les tubes et ajoute du jaune, puis à nouveau sur les autres tubes magenta et cyan	Tsei	10	00:00:09
3.44	00:01:21			Vert...	Arrête d'appuyer			

Exemple de codage Bsa

Rappel : L'enfant est en retrait physiquement et verbalement tout en restant présent. L'adulte ne manipule pas l'instrument, mais tente de s'appropriier le savoir médiatisé par l'instrument.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
13.114	00:03:44	Qu'est-ce qu'ils ont dit, ici là ?	Lit les informations sur la tablette du dispositif			Bsa	11	00:00:16
13.115					Attend			
13.116	00:03:46	Bleu, jaune et rouge... Demandez-lui d'ajouter du noir...						
13.117	00:03:55	Pour faire du noir, on mélange les trois couleurs, bleu, jaune et rouge...						
13.118		Rajoute un peu de bleu peut-être, ce sera du noir						

Exemple de codage Teai1[i]

Rappel : La relation est ternaire. L'enfant manipule seul. L'adulte reste en retrait physiquement. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur un autre objet, l'instrument.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
1.39	00:01:52			Qu'est-ce que c'est pour faire ça ?	En montrant le robinet	Teai1[i]	7	00:00:18
1.40	00:01:53	Alors regarde ce que ça fait... Le mieux... le mieux c'est quand tu sais pas, ben t'essaies, tu regardes, et tu regardes ce que le bouton il fait. Faut regarder et puis voir.			Appuie sur le robinet			
1.41					Attend la suite			

Exemple de codage Teai1[d]

Rappel : La relation est ternaire. L'enfant manipule seul. L'adulte reste en retrait physiquement. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur un autre objet, le dessin effectué par l'enfant.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
3.45	00:01:22	Vert... Et qu'est-ce qu'on fait avec du vert ?...			Attend sans rien faire	Teai1[d]	11	00:00:19
3.46		De l'herbe ?						
3.47					Attend			
3.48	00:01:27	Non ?						
3.49					Appuie sur le pot à mélange			
3.50	00:01:29	Tu fais de l'herbe ?						
3.51		Comment on fait de l'herbe ?						
3.52	00:01:32			Oh...	Dessine un trait qu'il ne contrôle pas, arrête			

3.53	00:01:34			Oh...	Appuie sur l'icône pour changer de feuille, ce qui réinitialise aussi le pot à mélanges			
3.54				J'ai tout raté... (peu audible)	En remettant son tabouret			
3.55	00:01:39	T'as tout raté ?			Attend en regardant à côté			

Exemple de codage **Teai2[d]**

Rappel : La relation est ternaire. L'enfant et l'adulte manipulent simultanément l'instrument. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais ici au dessin effectué par l'enfant.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
2.106	00:05:15	Oh ben dis donc, ça va pas vite			appuie sur le tube cyan	Teai2[d]	22	00:00:10
2.107					Appuie sur le tube jaune			
2.108	00:05:17	Allez, vas-y	Continue à appuyer		Continue à appuyer			
2.109	00:05:22	On est douées pour vider les pots de peinture (rires), vas-y						

Exemple de codage **Teai3[i]**

Rappel : La relation est ternaire. L'adulte manipule seul. L'enfant est en retrait physiquement. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur le fonctionnement ou l'utilisation de l'instrument.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
12.91	00:03:18	Faut bien appuyer dessus hein, parce que là... on a du mal, attend				Teai3[i]	6	00:00:14
12.92			Prend le doigt de son fils et appuie avec sur le tube de magenta					

12.93	00:03:28	Tu vois, il faut appuyer comme ça... et ça fait quelle couleur ?						
12.94				Noir				

Exemple de codage **Teai3[d]**

Rappel : La relation est ternaire. L'adulte manipule seul. L'enfant est en retrait physiquement. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu. Ils portent ici sur l'activité de dessin.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
9.150	00:05:09	C'est avec ce doigt, c'est comme ça qu'il faut faire	Prend la main de son fils pour lui appliquer le doigt sur l'écran			Teai3[d]	11	00:00:09
9.151			Trace un trait					
9.152	00:05:13	Ahhh... ah c'est pas évident hein...						
9.153			Lâche la main de son fils et retrace la tige seul		Reste la main près de l'écran sans rien faire			
9.154	00:05:17	Voilà, papa il a fait la grosse tige						

Exemple de codage **Beai[i]**

Rappel : La relation est binaire. Ni l'adulte, ni l'enfant ne manipulent. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur un autre objet ; ici le fonctionnement de l'instrument.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
17.100	00:04:27	Tu veux avoir une nouvelle page ?				Beai[i]	15	00:00:13
17.101				Ouais				
17.102	00:04:30	J'sais pas si on peut avoir une nouvelle page...	En s'adressant à l'expérimentateur					
17.103	00:04:32	Comment on fait pour avoir une nouvelle page ?...						

17.104		Peut-être que si tu appuies en haut là dans le coin [en désignant l'icône pour changer de feuille]. »						
17.105						Appuie sur la fleur		
17.106	00:04:38	Ouais						

Exemple de codage **Bea[d]**

Rappel : La relation est binaire. Ni l'adulte, ni l'enfant ne manipulent. Les échanges verbaux ne sont pas relatifs au savoir en jeu, mais portent sur un autre objet ; ici le dessin réalisé par l'enfant.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
17.138	00:06:10			Maintenant, euh... on a besoin de faire du noir parce que les pétales euh...		Bea[d]	20	00:00:20
17.139	00:06:13	De quoi, du orange ?						
17.140				Du noir !				
17.141	00:06:15	Du noir, tu veux du noir ben, tu peux faire du noir, y'a pas de problème						
17.142				Encore du orange... non, du orange				
17.143	00:06:20	Non mais fais du noir !						
17.144				Non du orange...				
17.145	00:06:22	Allez, du noir, comment on fait du noir, tu te souviens ?		... du orange...				
17.146				Alors, euh...				
17.147	00:06:26	Ah... ça c'est remis en route [la démo est repartie]						
17.148				Ohhh...				

Exemple de codage **Bei[i]**

Rappel : La relation est binaire. L'enfant manipule seul l'instrument. L'adulte n'intervient pas. Le savoir médiatisé n'est pas exprimé. L'activité de l'enfant est relative au fonctionnement de l'instrument.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
17.43				Alors après j'ai fait quoi...		Bei[i]	6	00:00:11
17.44					S'appuie avec la main sur l'écran			
17.45				Ooh...	Retire sa main et la regarde comme s'il avait mis de la peinture dessus			
17.46					Tape sur l'écran à plusieurs reprises			

Exemple de codage **Bei[d]**

Rappel : La relation est binaire. L'enfant manipule seul l'instrument. L'adulte n'intervient pas. Le savoir médiatisé n'est pas exprimé. L'activité de l'enfant est ici tournée vers la réalisation d'un dessin.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
18.47	00:01:29	Voilà et maintenant tu peux dessiner ce que tu veux, un arbre par exemple, qu'est-ce que tu veux dessiner ?				Bei[d]	5	00:00:30
18.48					Commence à dessiner			

Exemple de codage **Bai[i]**

Rappel : La relation est binaire. L'enfant est en retrait physiquement et verbalement tout en restant présent. L'adulte utilise l'instrument, mais la manipulation n'est pas en lien avec le savoir médiatisé.

Intervention						Séquence		
N°	Temps	Adulte verbal	Adulte non verbal	Enfant verbal	Enfant non verbal	Code	N°	Durée
13.18	00:00:50	Alors comment on fait du bleu et du jaune ? C'est comment ?				Bai[i]	3	00:00:12
13.19					Ne dit rien et attend			
13.20		Ca sort tout seul..., avec les doigts qu'on le fait ?	Avance sa main sans appuyer					
13.21			Attend et regarde l'écran		Attend			

Tableau 7-5. Exemples de codages

7.3 Caractéristiques individuelles des interactions

Afin de caractériser les interactions dyadiques parent/enfant, du point de vue des critères retenus, nous avons donc codé les séquences identifiées au sein de chacune d'elles. Comme nous l'avons vu, une séquence est repérée par un code, un numéro d'ordre dans la série des séquences constituant l'interaction et une durée en secondes. A partir de ces informations, nous avons élaboré, pour chaque interaction, le diagramme de son évolution sur toute la durée de l'activité.

7.3.1 Caractérisation des interactions à l'aide des diagrammes

Chaque diagramme a été élaboré à partir de la suite des séquences constituant l'interaction dont il rend compte. Les axes du diagramme représentent :

- en ordonnée, les quatorze configurations du modèle, dans l'ordre dans lequel nous les avons précédemment présentées (voir Tableau 7-4) ;
- en abscisse, la durée en secondes de l'interaction.

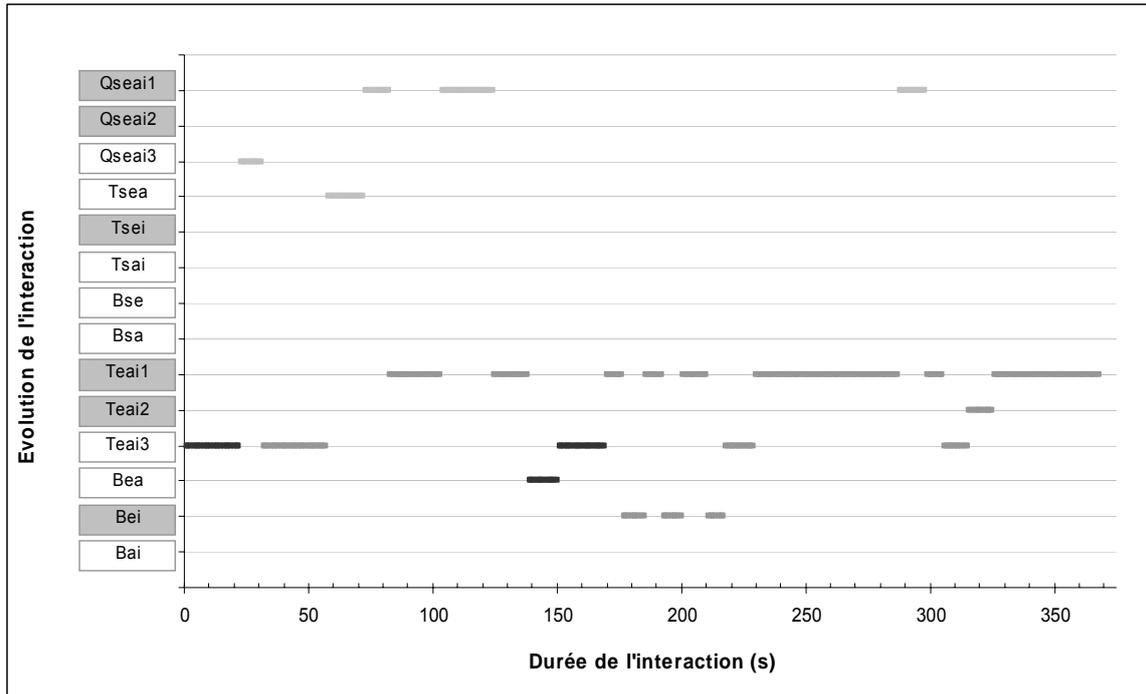
Chaque séquence est représentée par un trait horizontal, d'une longueur proportionnelle à sa durée, sur la ligne du code qui lui correspond. L'objet sur lequel porte la séquence d'interventions (savoir, dessin, instrument) est identifié par un code des couleurs.

Les diagrammes ainsi élaborés, permettent d'avoir une vision d'ensemble des caractéristiques des interactions, au regard des différents codes de configurations de notre modèle, et par conséquent au regard des critères que nous avons considérés comme déterminants, en vue de cette caractérisation :

- le contenu informationnel des échanges (portent-ils sur le savoir en jeu, le fonctionnement de l'instrument autrement dit du dispositif, ou l'activité de dessin ?) ;
- l'auteur des manipulations (est-ce l'enfant qui manipule le simulateur ? le parent ? ou bien les deux ?) ;
- le caractère discursif et/ou manipulateur des échanges (les échanges se réalisent-ils sur le mode de la discussion avec manipulation du dispositif, de la discussion seule ou de la manipulation seule ?).

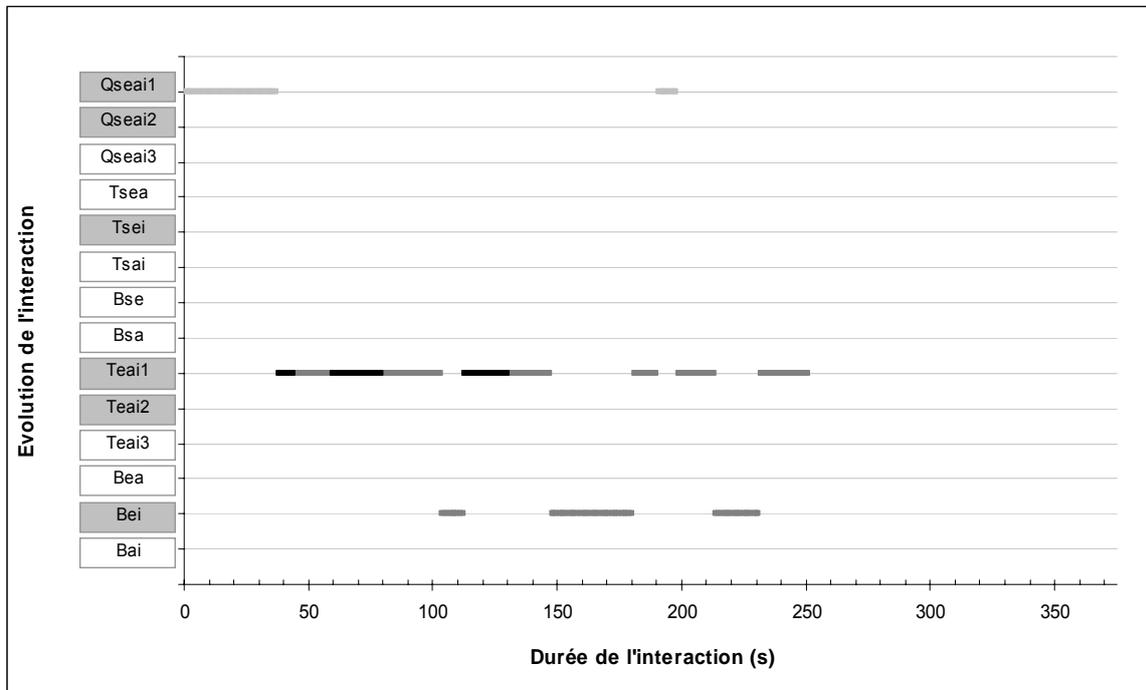
Les diagrammes des dix interactions adulte/enfant du groupe "parents" sont présentés ci-après, dans l'ordre d'âge croissant des enfants (voir Figures 7-1).

Léa, 4 a 2 m / mère (dyade n°2) - Réussite au post-test : non



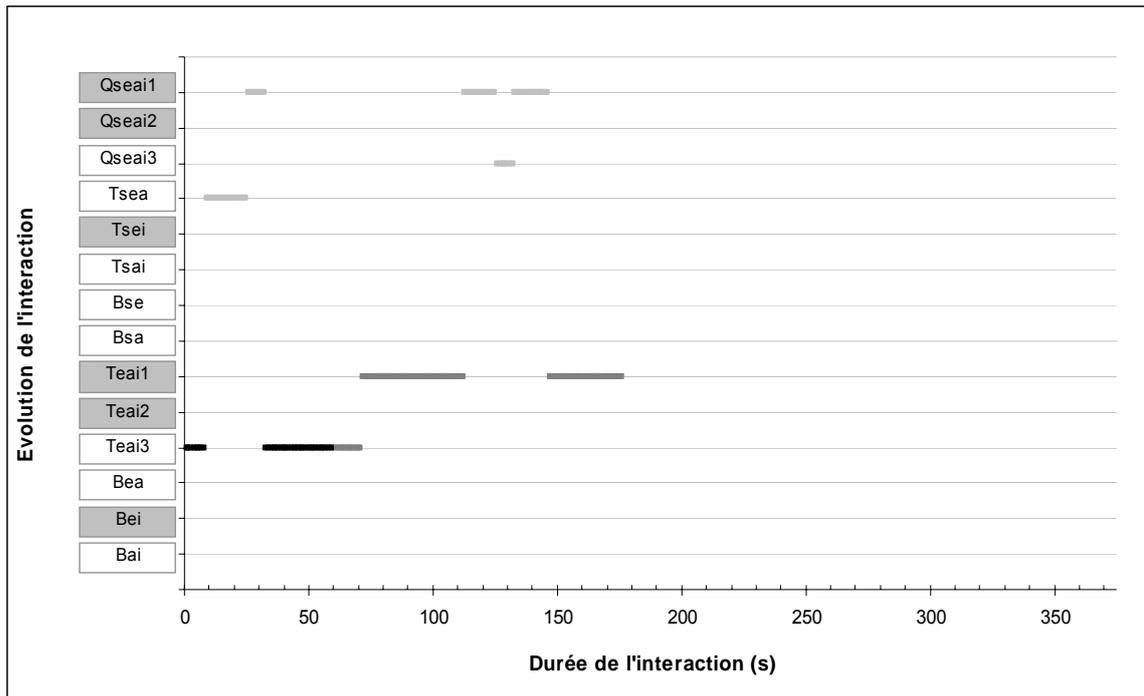
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Nicolas, 4 a 3 m / père (dyade n°1) - Réussite au post-test : non



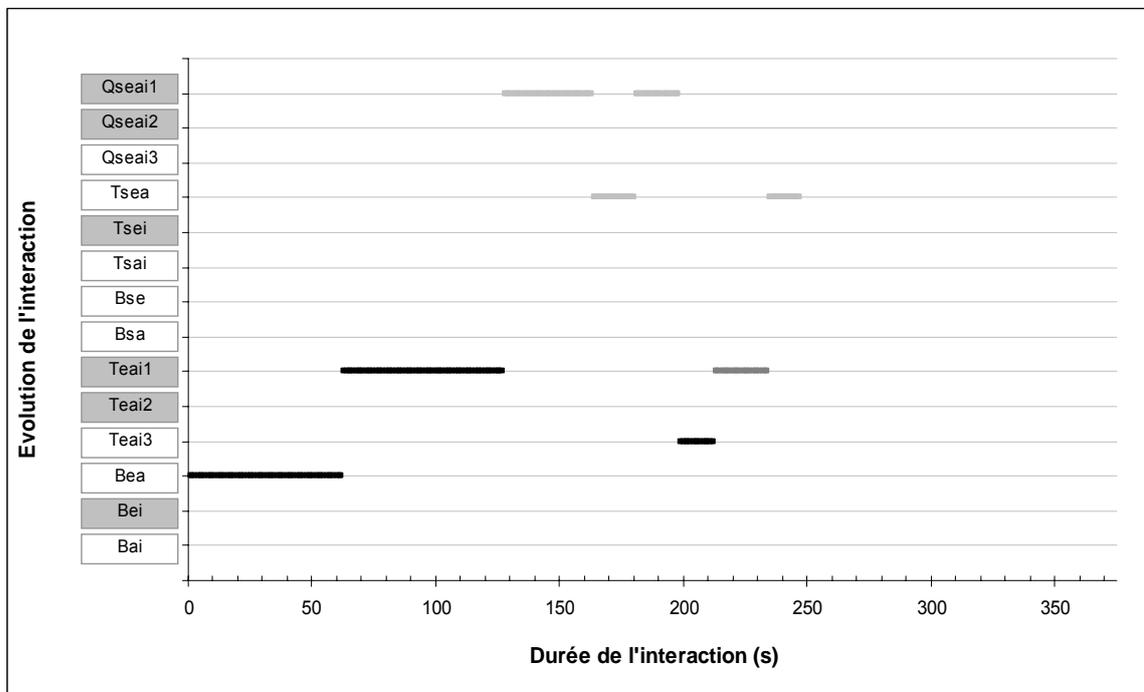
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Arthur, 4 a 5 m / son père (dyade n° 6) - Réussite au post-test : non



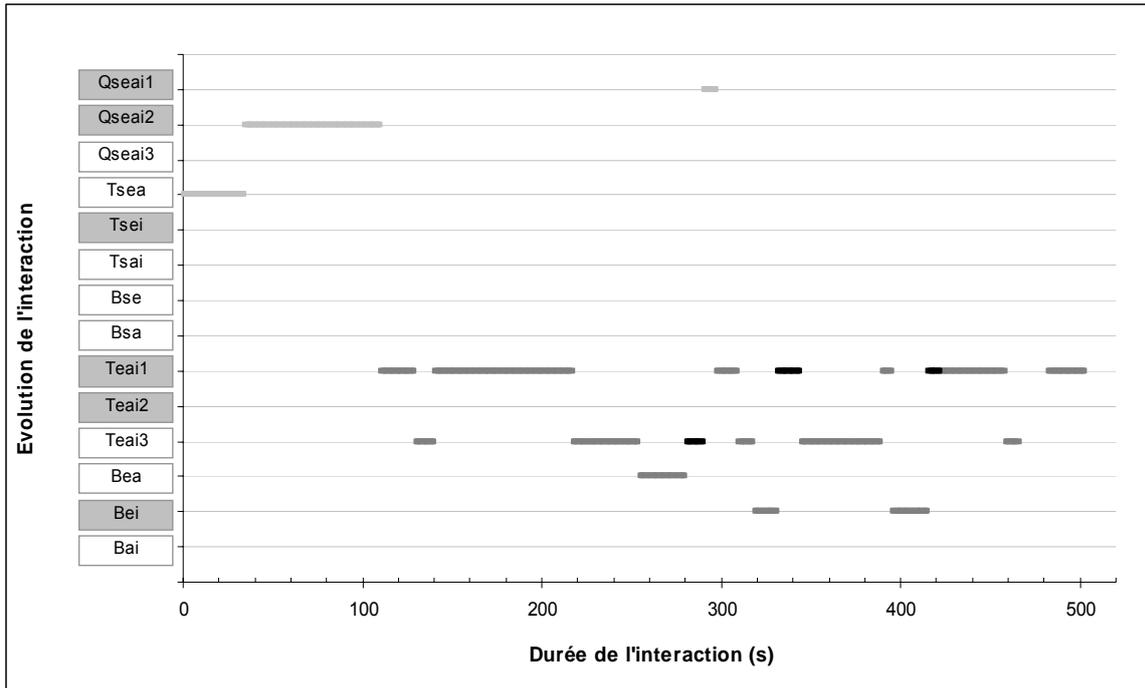
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

François, 4 a 6 m / mère (dyade n° 12) - Réussite au post-test : non



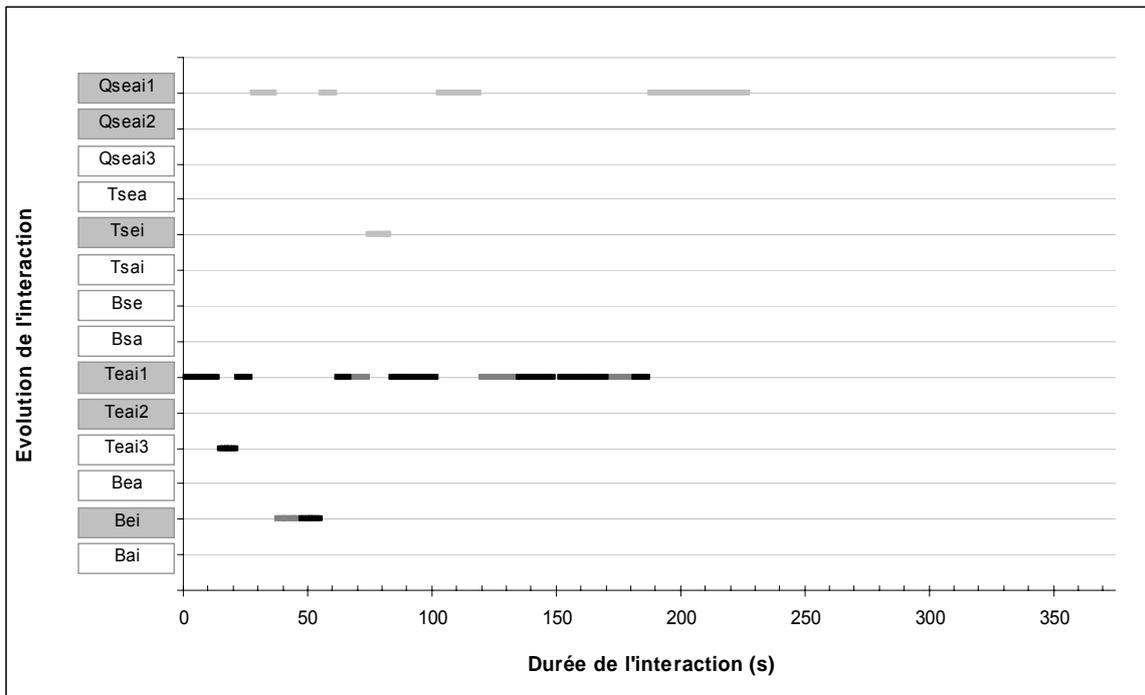
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Michael, 4 a 8 m / père (dyade n° 9) - Réussite au post-test : non



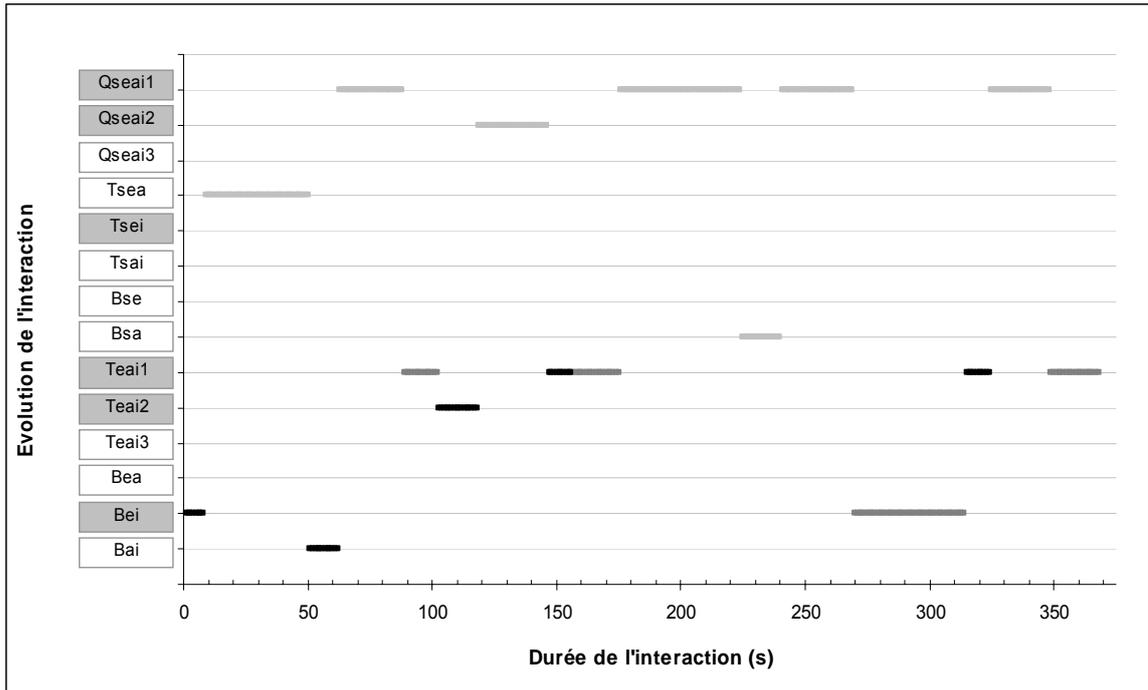
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Adrien, 4 a 9 m / mère (dyade n° 3) - Réussite au post-test : non



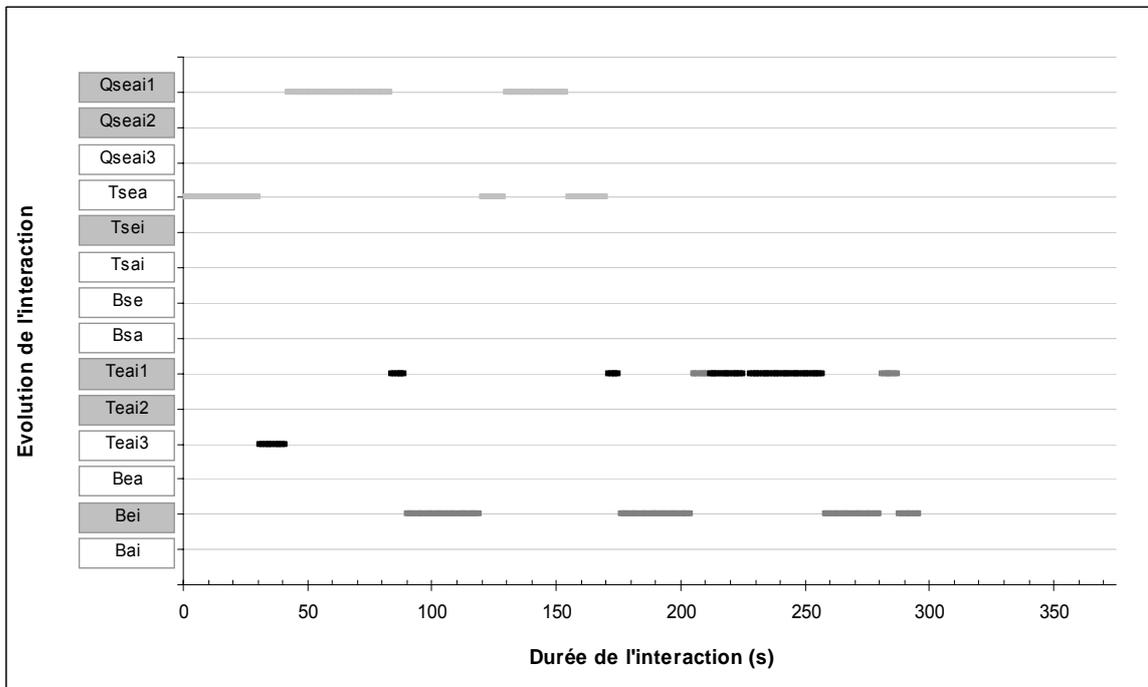
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Jibril, 4 a 10 m / père (dyade n° 13) - Réussite au post-test : oui



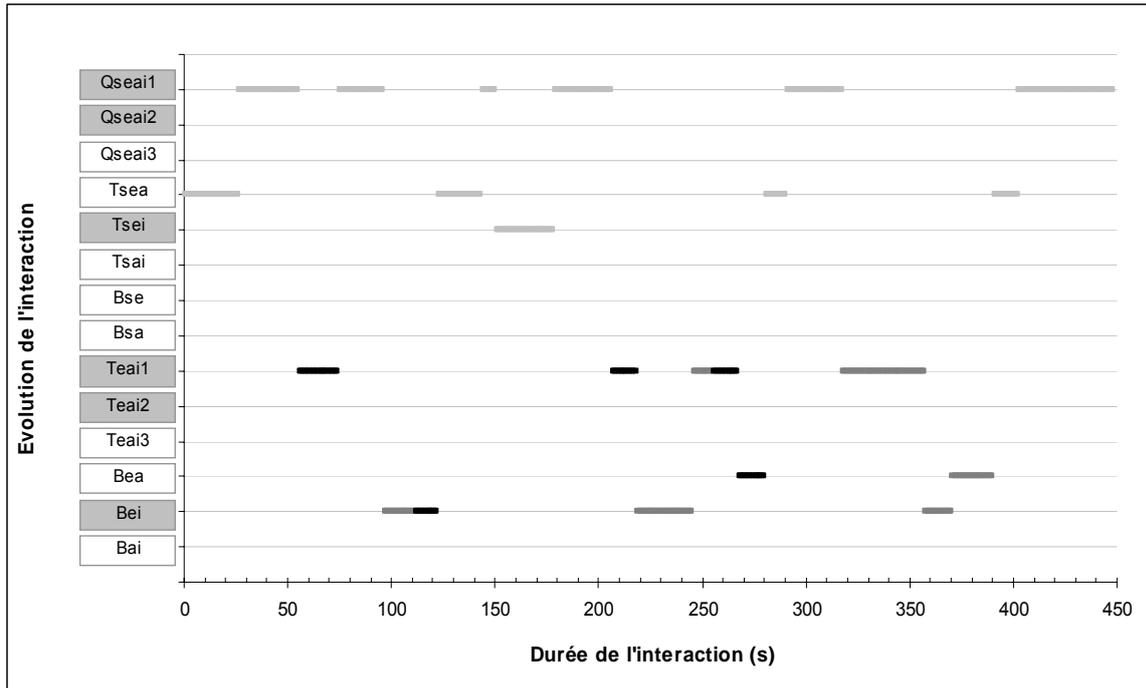
Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Annick, 5 a 3 m / père (Dyade n° 18) - Réussite au post-test : non



Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Arnaud, 5 a 7 m / père (dyade n° 17) - Réussite au post-test : oui



Bertrand, 5 a 7 m / mère (dyade n° 22) - Réussite au post-test : oui

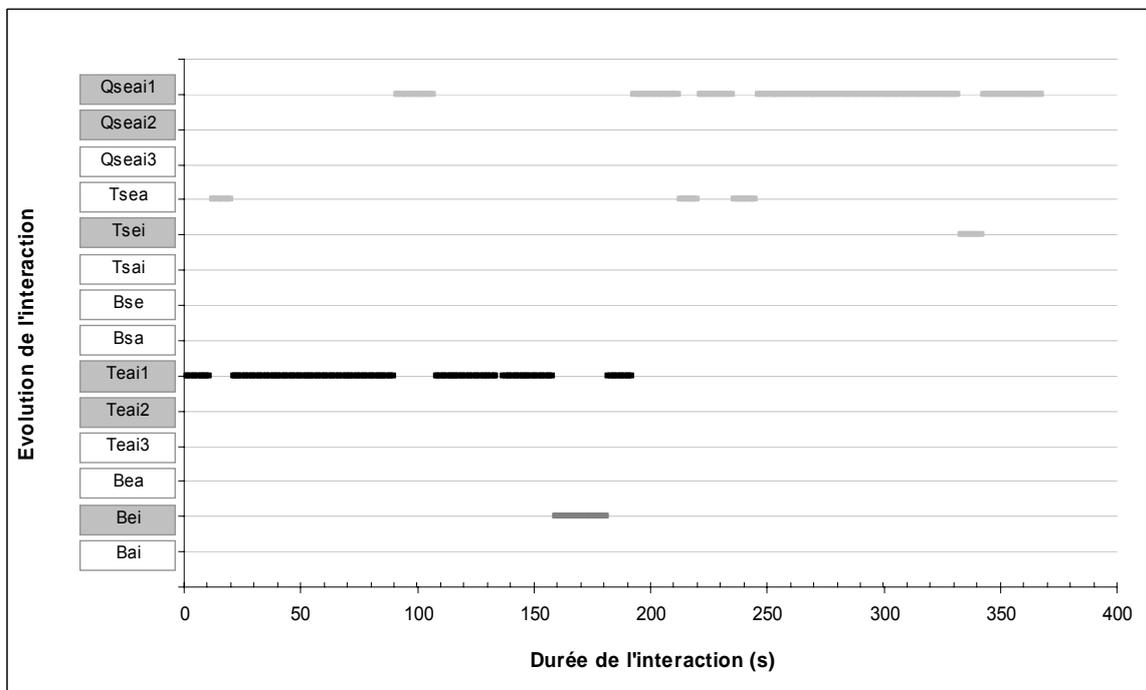
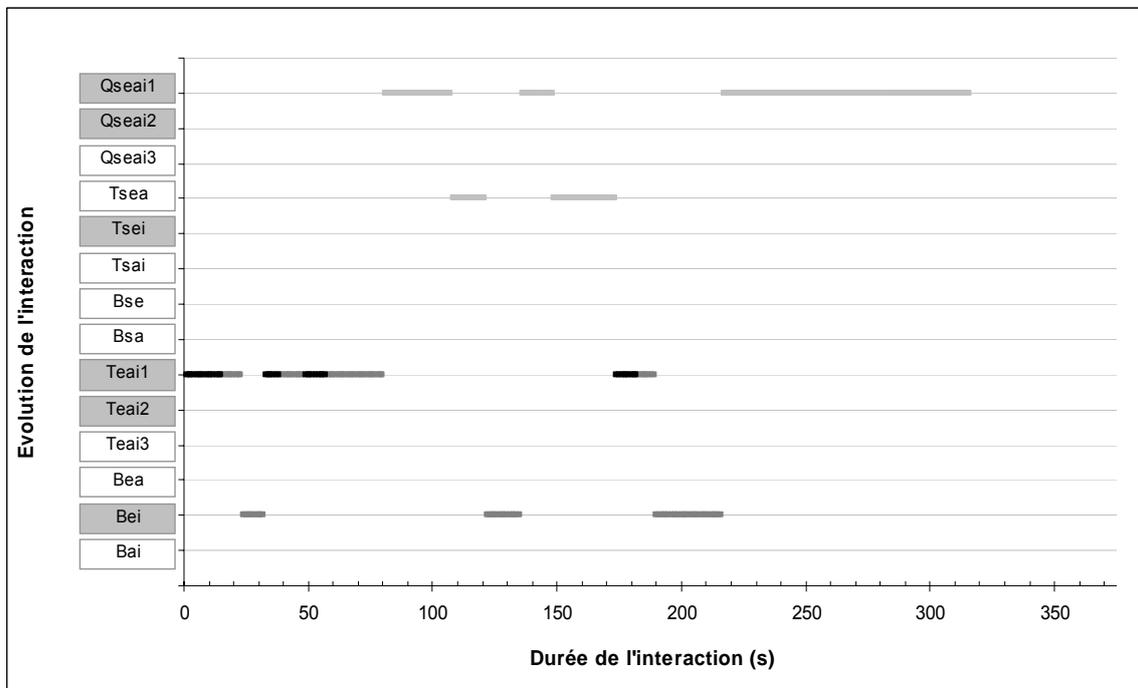


Figure 7-1. Diagrammes des interactions dyadiques du groupe "parents"

Nous présentons également ci-après le diagramme de l'interaction n°7 qui concerne l'enfant Ben, garçon âgé de 4 ans et 8 mois, ayant bénéficié de l'accompagnement du médiateur au cours de l'activité de simulation. Nous n'avons caractérisé qu'une seule des cinq interactions auxquelles le médiateur a participé, puisque les cinq enfants du groupe "médiateur" ont bénéficié - comme ce fut le cas pour ceux de la première étude - de conditions relativement uniformes d'accompagnement. La tutelle déployée est dite uniforme, au sens où le médiateur a conservé une similitude de procédure d'un enfant à l'autre, selon un protocole prédéfini. Bien sûr, les interactions ne sauraient être strictement identiques, le médiateur ayant adapté son intervention en fonction de la conduite de chaque enfant, mais les tâches demandées ont été de même nature et en nombre égal, d'une interaction à l'autre.

Ben, 4 a 8 m / médiateur (dyade n° 7) - Réussite au post-test : oui



Objet de l'interaction : Savoir visé Activité de dessin Fonctionnement de l'instrument

Figure 7-2. Diagramme de l'interaction dyadique n°7 du groupe "médiateur"

L'intérêt de ces diagrammes est de donner un rendu visuel de l'ensemble des caractéristiques des interactions, selon leur déroulement chronologique. Un premier aperçu fait apparaître que les interactions, bien que n'excédant pas quelques minutes, sont constituées d'un grand nombre de séquences (jusqu'à vingt-trois), souvent de courtes durées (rarement supérieures à trente secondes) et faisant appel à des configurations du modèle assez variées.

Toutefois, toutes les configurations ne sont pas représentées de la même manière et il est possible de les répartir globalement en trois groupes, selon leur fréquence d'apparition. Sur les quatorze que nous avons définies, certaines configurations apparaissent :

- dans la quasi-totalité des diagrammes (Qseai1, Tsea, Teai1, Bei) ;
- seulement dans certains diagrammes (Qseai3, Teai3) ;
- dans quasiment aucun diagramme (Qseai2, Tsai, Tsei, Bse, Bsa, Teai2, Bea, Bai).

Ces observations permettent de dresser plusieurs constats. La présence des configurations Qseai1, Tsea, Teai1, Bei, dont les lignes de codes sont remplies dans quasiment tous les diagrammes, témoigne de l'activité de l'enfant au sein de la situation médiatique. L'absence d'échanges représentés par les configurations Tsai, Bsa, Bai, coïncide avec ce premier constat, puisque cette absence indique que l'adulte a rarement utilisé seul le simulateur dont la manipulation est donc essentiellement du ressort de l'enfant. Trois interactions font toutefois exception sur ce plan (dyades n°2, 6, 9), puisque leur diagramme respectif fait apparaître une présence importante de l'adulte qui est fréquemment intervenu à la place de l'enfant dans la manipulation du dispositif : les lignes de codes Qseai3 et Teai3 sont souvent remplies. Enfin, l'absence des configurations Qseai2 et Teai2 indique peu de manipulations simultanées de la part de l'enfant et du parent.

Dans sept des dix diagrammes, ce sont majoritairement les quatre configurations Qseai1, Tsea, Teai1, Bei, qui représentent l'interaction. Les relations liant l'enfant, l'adulte, le savoir et l'instrument sont donc de nature relativement semblable d'une interaction à l'autre. Il serait toutefois souhaitable de vérifier si ces relations s'établissent avec la même fréquence, autrement dit si les configurations qui les symbolisent, sont représentées en proportions égales dans chaque diagramme. Il est en effet probable que, selon la proportion des échanges afférents au savoir, au fonctionnement de l'instrument ou à l'activité de dessin, l'impact de la manipulation ne sera pas le même. Seul un rendu numérique permettrait de le déterminer ; nous le réaliserons ci-après.

Concernant l'organisation des configurations du modèle, leur position relative dans chaque diagramme n'est, de toute évidence, pas identique. Même si les relations qui s'établissent entre les composantes de la situation médiatique sont de même nature sur l'ensemble des interactions, l'évolution de celles-ci ne se réalise pas selon un modèle donné : l'objet sur lequel elles portent, leur durée et l'ordre dans lequel elles se succèdent, sont spécifiques à chaque interaction. Ainsi, le fonctionnement de l'interface logicielle a mobilisé l'attention de toutes les dyades en cours de manipulation ; mais alors que certaines y ont consacré beaucoup de temps (dyades n°3, 22), d'autres ont peu abordé la question (dyade n°6, 9) ; certaines l'ont fait essentiellement en début de manipulation (dyades n°1, 2, 6, 22), alors que d'autres y ont été confronté ponctuellement à différents moments de l'activité (exem-

ples des dyades n°13, 17, 18). Le constat est le même concernant les séquences relatives au savoir en jeu et à l'activité de dessin, qui ont fait l'objet d'un certain nombre d'échanges dans chacune des interactions. Mais ces échanges sont de durées inégales et n'ont pas lieu au même moment durant l'activité.

Cette première lecture des diagrammes a donc permis de faire ressortir différentes constantes, d'une interaction à l'autre, mais également un certain nombre de spécificités, que nous allons maintenant déterminer du point de vue des critères précédemment défini lors de la présentation des diagrammes : le contenu informationnel des échanges, l'auteur des manipulations du dispositif et le caractère des échanges.

7.3.2 Caractérisation des interactions à l'aide d'un triplet de graphiques

Afin de réaliser une analyse comparative des interactions, nous avons extrait de chaque diagramme les données relatives à ces trois critères, que nous avons présentées à l'aide d'un triplet de graphiques.

L'exemple ci-dessous (voir Figure 7-3) présente les caractéristiques de l'interaction n°2. L'ensemble des graphiques relatifs aux onze interactions adulte/enfant (dix du groupe "parents" et une du groupe "médiateur") est présenté en Annexe 10.

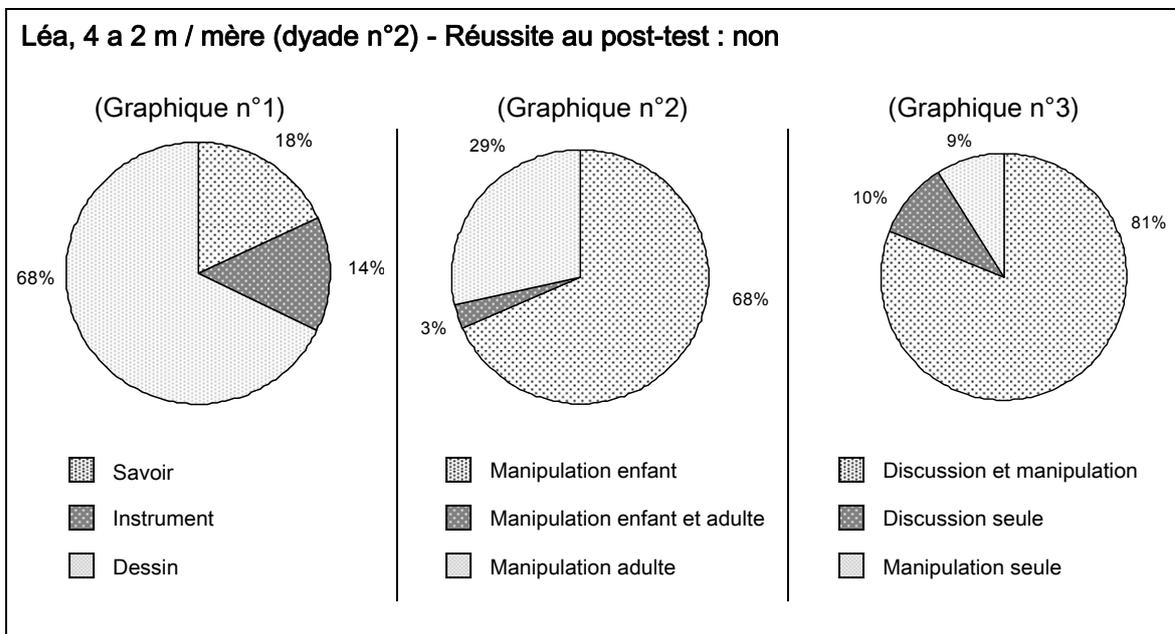


Figure 7-3. Caractérisation individuelle des interactions dyadiques

Notre objectif ici n'est pas de faire une analyse individuelle des interactions à partir de ces graphiques, mais d'expliquer comment nous avons recueilli, à partir des diagrammes, les différentes données selon les trois groupes de critères définis :

- 1) le contenu informationnel des échanges (savoir, instrument, dessin) ;
- 2) l'auteur des manipulations du dispositif (enfant et/ou parent) ;
- 3) le caractère des échanges (discursif et/ou manipulateur).

Le premier graphique rend compte de la proportion de la durée des échanges relatifs à chacun des contenus informationnels – savoir, instrument, dessin - sur la durée totale des échanges, autrement dit la durée de l'interaction. Pour ce faire, nous avons déterminé pour chaque interaction : la durée totale des séquences relatives : au savoir (Qseai1, Qseai2, Qseai3, Tsea, Tsei, Tsai, Bse, Bsa), à l'instrument (Teai1[i], Teai2[i], Teai3[i], Bea[i], Bei[i], Bai[i]) et à l'activité de dessin (Teai1[d], Teai2[d], Teai3[d], Bea[d], Bei[d], Bai[d]). Nous avons rapporté chacune de ces durées ainsi déterminées, à la durée totale des séquences, autrement dit à la durée de l'interaction.

Le second graphique informe sur la proportion du temps de manipulation du simulateur par chacun des deux partenaires de l'interaction, séparément ou simultanément, par rapport au temps total de manipulation de la dyade. Pour cela, nous avons calculé pour chaque interaction : le temps total de manipulation de l'enfant seul (Teai1[i], Tsei, Teai1[i], Teai1[d], Bei[i], Bei[d]), de l'enfant et de l'adulte (Qseai2, Teai2[i], Teai2[d]), de l'adulte seul (Qseai3, Tsai, Teai3[i], Teai3[d], Bai[i], Bai[d]). Nous avons rapporté chacune de ces durées, au temps total de manipulation de la dyade (calculé en additionnant les durées de toutes les séquences concernées), durant l'ensemble de l'activité.

Le troisième graphique rend compte de la proportion de la durée des échanges selon leur caractère, discursif et/ou manipulateur. Nous avons donc considéré les échanges suivant l'activité des deux partenaires face au dispositif : discussion et manipulation (Qseai1, Qseai2, Teai1[i], Teai1[d], Teai2[i], Teai2[d]), discussion seule (Tsea, Bea[i], Bea[d]), manipulation seule sans échanges verbaux (Tsei, Bse, Bei[i], Bei[d]). Dans ce dernier cas, nous n'avons pas pris en compte les parents, car nous avons constaté, d'après les diagrammes, qu'ils n'étaient pas concernés par ce cas de figure (les lignes des codes Tsai, Bsa, Bai[i], Bai[d] ne sont jamais remplies). C'est pourquoi nous avons considéré uniquement les enfants, qui se trouvent alors en position d'autonomie face au dispositif.

7.4 Analyse comparative des interactions

Afin de pouvoir en effectuer une analyse comparée, les données recueillies ont été classées par groupe de critères. Les pourcentages présentés dans les trois tableaux suivants, synthétisent donc les caractéristiques des interactions dyadiques selon les trois groupes de critères retenus. Dans chaque tableau les dix enfants du groupe "parents" sont rangés par ordre d'âge croissant ; les données relatives à l'enfant du groupe "médiateur" (Ben) appa-

raissent en fin de tableau afin d'être plus facilement repérables. Les données de chacun des tableaux, ont ensuite été traduites sous forme de graphiques.

Les analyses sont réalisées de deux points de vue : l'âge des enfants et leur résultat au post-test.

7.4.1 Analyse selon le contenu informationnel des échanges

Les résultats concernant le contenu informationnel des échanges, pour l'ensemble des dyades, sont restitués dans le tableau suivant (voir Tableau 7-6).

■ Enfants ayant réussi le post-test

	Savoir (%)	Instrument (%)	Dessin (%)
Léa (4a 2m) / mère (n°2)	18	14	68
Nicolas (4a 3m) / père (n°1)	18	18	64
Arthur (4a 5m) / père (n°6)	33	20	47
François (4a 6m) / mère (n°12)	39	54	7
Michael (4a 8m) / père (n°9)	23	9	68
Adrien (4a 9m) / mère (n°3)	36	41	23
Jibril (4a 10m) / père (n°13)	55	15	30
Annick (5a 3m) / père (n°18)	42	23	35
Arnaud (5a 7m) / père (n°17)	57	15	28
Bertrand (5a7m) / mère (n°22)	55	38	6
Ben (4a8m) / médiateur (n°7)	57	12	31

Tableau 7-6. Contenu informationnel des échanges par dyade (en pourcentage)

Les pourcentages présentés, confirment de manière formelle, les premiers constats effectués sur la base de l'observation des diagrammes. Ainsi, concernant le premier groupe de critères, il apparaît que la proportion des interventions du point de vue du contenu informationnel des échanges, est très variable d'une dyade à l'autre : le pourcentage des séquences ayant pour objet le savoir est compris, selon les interactions, entre 18 et 57% ; il varie entre 9 et 54% concernant le fonctionnement du dispositif ; entre 6 et 68% pour ce qui est de l'activité de dessin. Ces pourcentages sont présentés sous forme d'histogrammes dans le graphique suivant (voir Figure 7-4). Comme précédemment, les données relatives à l'enfant du groupe "médiateur" (Ben) apparaissent en fin de graphique afin d'être plus facilement repérables.

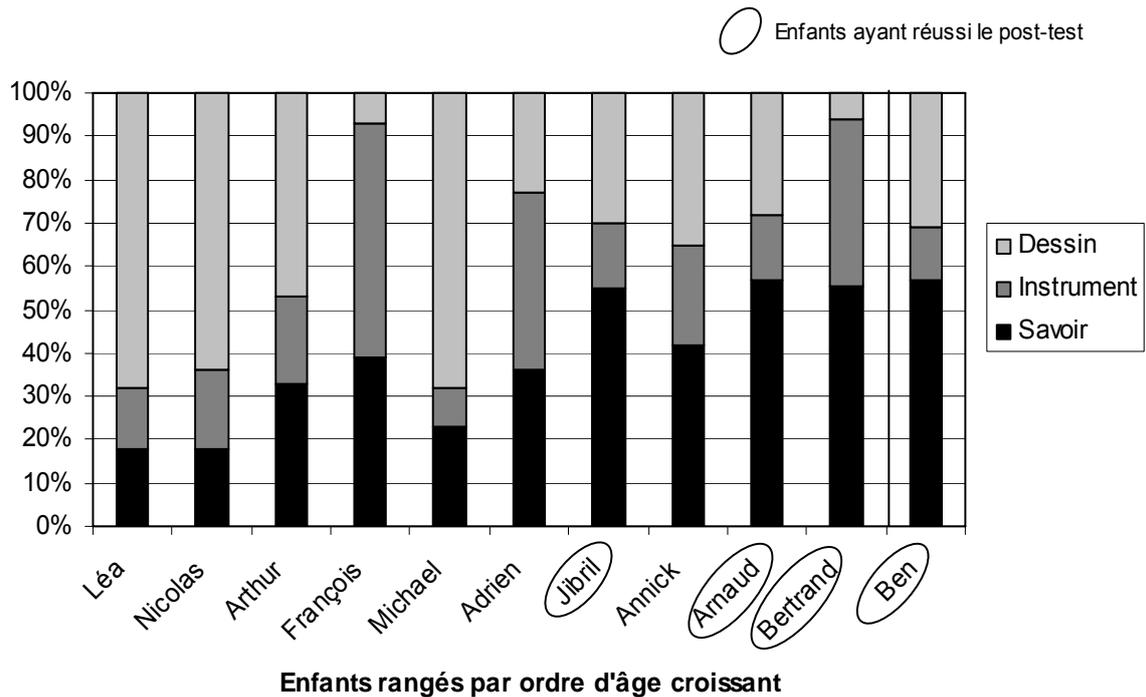


Figure 7-4. Proportion des échanges selon leur contenu informationnel

On remarquera que, parmi les dix interactions dyadiques du groupe "parents", celles comportant le plus grand nombre d'échanges relatifs au savoir en jeu, concernent les trois enfants ayant réussi le post-test (Jibril, Arnaud, Bertrand). Pour deux de ces enfants (Jibril et Arnaud), les parents ont déployé une tutelle quasi identique - du point de vue du contenu informationnel des échanges - à celle du tuteur expert (Ben) : près de 60% des échanges relatifs au savoir médiatisé et au plus 15% des échanges relatifs au fonctionnement ou à l'utilisation de l'instrument.

Concernant le groupe "parents", ces proportions ne concernent que les enfants parmi les plus âgés. Nous pouvons donc nous interroger sur le lien éventuel entre la réussite de ces enfants au post-test, leur âge et la qualité de la tutelle déployée par leur parent : ces trois enfants ont-ils réussi le post-test parce qu'ils sont plus âgés que la moyenne, ce qui *a priori* les prédispose davantage à bénéficier de la manipulation du simulateur au plan cognitif, ou est-ce en raison de la qualité de la tutelle déployée par leur parent, vraisemblablement supérieure aux autres sur le plan des contenus conceptuels ? A moins que leur réussite ne soit due à ces deux raisons combinées.

Si l'on considère les résultats de l'ensemble de l'échantillon, on observe sur la globalité du graphique, une augmentation en "dents de scie" du pourcentage d'échanges consacrés au savoir, depuis l'enfant le plus jeune jusqu'au plus âgé. Ceci confirmerait la seconde hypothèse, selon laquelle les parents des enfants plus âgés déploieraient une tutelle plus sou-

tenue sur le plan des contenus conceptuels. Il convient toutefois d'être prudent vis-à-vis d'une telle hypothèse, compte tenu du nombre de dyades sur lesquelles elle repose, car rien ne nous indique en effet que les résultats obtenus ne sont pas liés à des caractéristiques intra-individuelle. Par ailleurs, même si notre recherche ne porte pas spécifiquement sur les conduites parentales dans le cadre de l'accompagnement d'activités scientifiques, une autre question paraît intéressante : si ces parents ont déployé un tutelle plus favorable, quelle en est la raison ? Est-ce parce qu'ils s'avèrent être, dans l'absolu, des tuteurs effectivement plus efficaces ou est-ce parce qu'ils s'adressaient à des enfants plus âgés, ce qui aura généré des conduites plus "élaborées" de leur part ? Il est vraisemblablement difficile de répondre à ces questions compte tenu des modalités de notre recherche. Le seul moyen de vérifier la qualité de la tutelle des parents concernés, serait de les observer avec des enfants d'âges différents, ce qui nécessiterait la mise en place d'un nouveau protocole de recherche.

Concernant la proportion d'échanges relatifs à l'activité de dessin, elle a tendance à diminuer avec l'âge des enfants. Enfin, concernant la proportion des échanges ayant porté sur le fonctionnement de l'appareil, elle est relativement identique d'une dyade à l'autre (entre 9 et 23%), hormis pour trois dyades (François, Adrien et Bertrand), dont les pourcentages sont particulièrement élevés (entre 38 et 51%). Pour la majorité des interactions - excepté ces trois dernières -, ces constats nous amènent à penser que, compte tenu d'une certaine régularité observée dans le nombre des échanges relatifs au fonctionnement de l'instrument, l'équilibre se joue finalement entre le nombre d'échanges portant sur le savoir en jeu et le nombre de ceux consacrés à l'activité de dessin. Autrement dit, il est vraisemblable que, plus la manipulation du simulateur sera tournée vers l'activité de dessin, moins il sera question de mélanges des couleurs, et inversement.

Enfin, un constat que nous avons fait chez l'ensemble des parents, à la lecture des transcriptions de leurs interventions, est qu'ils n'ont jamais établi de liens entre l'activité virtuelle symbolique et la situation représentée, autrement dit entre le modèle simulé et la réalité. Pour appuyer leurs explications, les parents ont pris comme cadre unique de référence, l'environnement logiciel du simulateur, le considérant comme un monde cloisonné, indépendant de toute réalité. Or, comme nous l'avons vu dans le Chapitre 2, il est essentiel d'explicitier auprès des enfants, à la fois les correspondances mais aussi les différences entre les situations. Nous n'avons pas interrogé les parents sur cette question à l'issue de l'activité et il nous est donc difficile de savoir s'ils ont ou non, pris eux-mêmes conscience de cette articulation, les seuls indices dont ils disposaient étant les représentations figuratives utilisées pour représenter la réalité (tubes de peinture, pot à mélange, robinet, etc.) Ce constat pose la question des informations à délivrer aux parents accompagnateurs lors-

qu'ils utilisent ce type de dispositif avec leur(s) enfant(s). Quoi qu'il en soit, il n'est pas impossible que cette absence d'explicitation entre activité symbolique et situation réelle, explique en partie l'impact limité de l'activité pour les enfants les plus jeunes. Ceci étant d'autant plus probable que, comme nous l'avons constaté, les enfants ayant réussi le post-test ont fait référence à des activités "réelles" de peintures réalisées à l'école, pour expliquer le fait qu'ils aient eu recours au mélange. Ce qui indiquerait qu'une activité virtuelle de simulation, réalisée avec des enfants, n'aurait véritablement de sens qu'en regard de leurs expériences préalables réalisées à l'aide d'objets physiques, dans le domaine de connaissance considéré. Nous reviendrons sur cette question dans la conclusion.

7.4.2 Analyse selon l'auteur des manipulations

Les résultats concernant l'auteur des manipulations du dispositif, au sein de chaque dyade, sont restitués dans le tableau suivant (voir Tableau 7-7).

■ Enfants ayant réussi le post-test

	Enfant (%)	Adulte (%)	Enfant et adulte (%)
Léa (4a 2m) / mère (n°2)	68	29	3
Nicolas (4a 3m) / père (n°1)	100	0	0
Arthur (4a 5m) / père (n°6)	66	34	0
François (4a 6m) / mère (n°12)	100	0	0
Michael (4a 8m) / père (n°9)	52	31	17
Adrien (4a 9m) / mère (n°3)	97	3	0
Jibril (4a 10m) / père (n°13)	83	4	13
Annick (5a 3m) / père (n°18)	95	5	0
Arnaud (5a 7m) / père (n°17)	100	0	0
Bertrand (5a7m) / mère (n°22)	100	0	0
Ben (4a8m) / médiateur (n°7)	100	0	0

Tableau 7-7. Auteur des manipulations au sein de chaque dyade (en pourcentage)

Trois dyades se distinguent des autres, du point de vue de ce critère (Léa, Arthur, Michael). Au cours de ces trois interactions, le tiers des manipulations du dispositif a été réalisé par le parent. Dans le cas de Léa et d'Arthur, leur diagramme (voir Figures 7-1, dyades n°2 et 6) montre que leur parent a systématiquement "pris la main", lorsque se posaient des questions concernant le fonctionnement du dispositif (Teai3[i]). Pour le reste, ce sont les enfants qui ont manipulé. Concernant Michael, le parent est intervenu ponctuellement, essentiellement pour lui montrer comment dessiner (Teai3[d]). Il est à noter que ces trois enfants n'ont pas réussi le post-test.

Concernant les autres dyades, comme l'indique le graphique suivant (voir Figure 7-5), les parents sont très peu, voire pas du tout intervenus, dans la manipulation du simulateur : les enfants ont donc été actifs pendant toute la durée de l'activité.

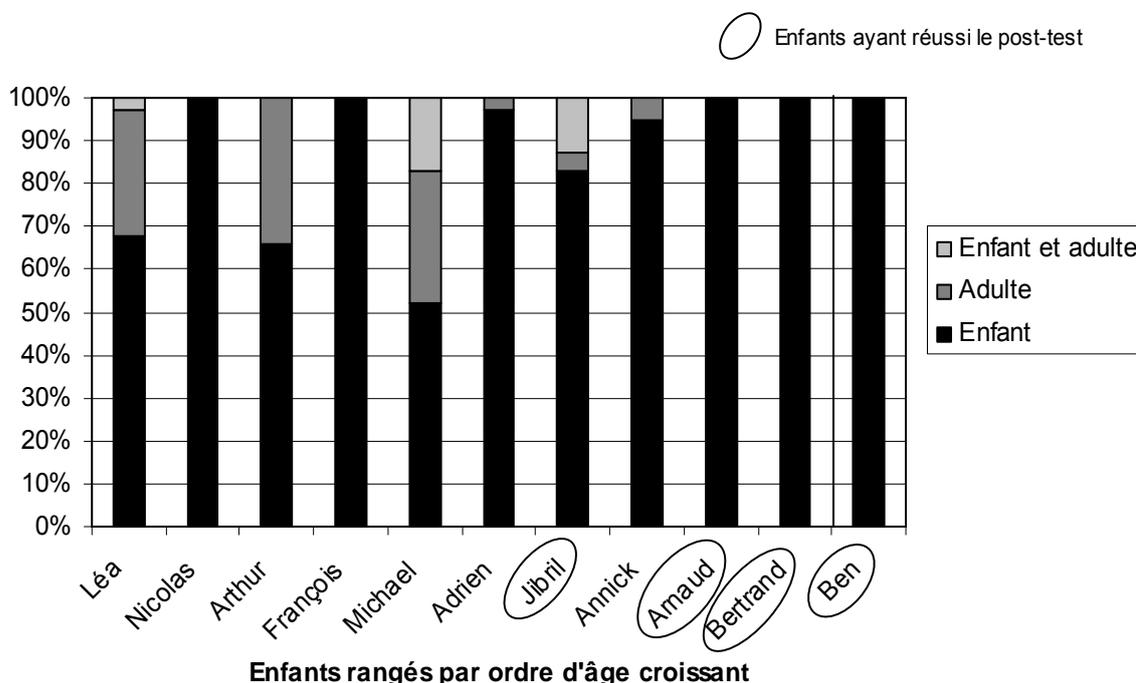


Figure 7-5. Proportion des manipulations selon leur auteur, parent et/ou enfant

La première remarque que nous pouvons faire est que les parents sont en majorité restés "à distance" du dispositif, laissant une grande autonomie à l'enfant en terme de manipulation. Leurs interventions se sont donc réalisées dans l'ensemble sur le plan uniquement verbal. Une seconde remarque est qu'il est difficile d'estimer l'impact de ces conduites sur les résultats des enfants. Nous serions tenté de penser dans un premier temps que cet impact est bien faible, étant donné que certains enfants ayant exclusivement manipulé le dispositif (Nicolas, François) n'ont pas réussi le post-test, alors que d'autres (Arnaud, Bertrand) l'ont réussi. Cependant, il convient d'être prudent, dans la mesure où ces deux groupes d'enfants diffèrent largement, aussi bien du point de vue des âges, que du point de vue du contenu informationnel des échanges auxquels ils ont participé. Par ailleurs, il est à noter que l'enfant (Ben) ayant bénéficié de la tutelle du médiateur, a également été, durant l'activité, le seul à manipuler le dispositif médiatique.

Notre hypothèse, malgré tout, est que ces deux derniers critères (âge de l'enfant et contenu des échanges) sont plus déterminants que l'autonomie laissée à l'enfant sur plan de la manipulation. Nous nous appuyons pour cela, sur une recherche précédemment citée (François & Weil-Barais, 2003), qui a montré que les aspects formels d'une interaction ren-

daient beaucoup moins compte de la construction des connaissances au cours de cette interaction que le contenu informationnel échangé entre les partenaires.

Enfin, il nous paraît intéressant de mettre en parallèle les résultats obtenus par les dix dyades du groupe "parents", avec les données recueillies grâce au questionnaire complété par ces derniers au cours de l'entretien post-test (voir Annexe 8). Rappelons que ce questionnaire avait pour objet d'évaluer leur ressenti vis-à-vis de l'activité, et notamment leur regard sur leur propre conduite en tant qu'accompagnateur de l'enfant. A cet égard, les parents devaient répondre à la question « *Quelle a été votre conduite vis-à-vis de l'enfant durant l'activité ?* ». Cinq items proposant des conduites caractéristiques – relevant du plan verbal ou non verbal –, leur étaient proposés. Les parents devaient évaluer à quel degré leur propre conduite s'en rapprochait (3 : très souvent / 2 : assez souvent / 1 : peu souvent / 0 : jamais). Les réponses données par chaque parent, sont présentées dans le tableau suivant (Voir Tableau 7-8).

	A laissé découvrir seul	A questionné	A d'abord montré	A dirigé l'activité	A donné des explications	Autre
Léa (4a 2m) / mère (n°2)	1	2	2	2	1	/
Nicolas (4a 3m) / père (n°1)	2	2	0	2	3	/
Arthur (4a 5m) / père (n°6)	1	Pas de réponse	2	3	3	/
François (4a 6m) / mère (n°12)	2	2	1	2	2	/
Michael (4a 8m) / père (n°9)	1	1	3	3	3	"Père très directif !!! Trop !"
Adrien (4a 9m) / mère (n°3)	2	2	1	2	2	/
Jibril (4a 10m) / père (n°13)	2	2	2	3	3	/
Annick (5a 3m) / père (n°18)	1	2	0	2	2	/
Arnaud (5a 7m) / père (n°17)	2	2	1	2	2	/
Bertrand (5a 7m) / mère (n°22)	2	2	1	2	2	/

Tableau 7-8. Evaluation par les parents de leur conduite vis-à-vis de leur enfant

Pour en faciliter la lecture, ces données ont été synthétisées pour l'ensemble des parents, dans le graphique suivant, (voir Figure 7-6).

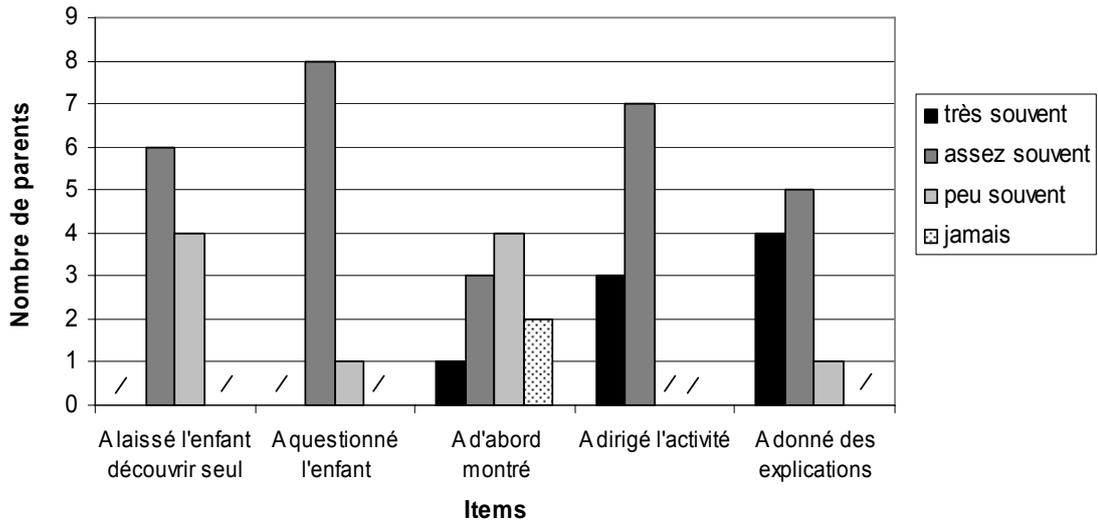


Figure 7-6. Evaluation par les parents de leur conduite vis-à-vis des enfants

Les réponses données par les parents révèlent un certain nombre de régularités, concernant le regard qu'ils portent sur leur propre conduite. Globalement, ils considèrent avoir très souvent dirigé l'activité de l'enfant, en lui posant des questions, et estiment par ailleurs avoir souvent donné des explications. Les résultats de cette "auto-évaluation" des parents, s'accordent tout à fait avec les résultats des études qui ont porté sur l'analyse de leurs conduites dans le contexte de la *Cité des enfants* : ils fonctionnent essentiellement sur le mode de la tutelle, sont assez directifs et délivrent des explications de manière intuitive (Ailincai & Weil-Barais, 2003).

Les items relatifs au non-verbal, font apparaître des distinctions dans l'appréciation par les parents de leur conduite. Concernant le fait d'avoir d'abord montré aux enfants, les sentiments diffèrent puisque quatre parents estiment avoir eu souvent cette conduite, alors que six estiment l'avoir peu eue. Concernant le fait d'avoir laissé découvrir seul l'enfant, le sentiment diverge également, puisque six parents pensent l'avoir fait "assez souvent" au cours de l'activité, alors que les quatre autres pensent l'avoir fait "peu souvent". Il est intéressant de constater que, trois de ces quatre parents, sont également parmi ceux qui ont considéré avoir "assez souvent" voire "très souvent" montré d'abord à l'enfant : la mère de Léa, le père d'Arthur et le père de Michael. Ce dernier a d'ailleurs indiqué en complément « *Père très directif !!! Trop !* ». Et de fait, d'après les graphiques présentant les résultats relatifs aux caractéristiques des interactions (voir Figure 7-2, dyades n°2, 6 et 9), ces trois parents ont souvent manipulé à la place de leur enfant au cours de l'activité. Le regard porté par les parents sur leur propre conduite, correspond donc au rendu que nous en avons fait, ce qui montre que les parents évaluent avec justesse leur intervention, mais aussi que notre modèle est relativement fiable.

7.4.3 Analyse selon le caractère des échanges

Les résultats concernant les caractères discursif et/ou manipulateur des échanges, sont restitués dans le tableau suivant (voir Tableau 7-9).

■ Enfants ayant réussi le post-test

	Discussion avec manipulation (%)	Discussion sans manipulation (%)	Manipulation en autonomie (%)
Léa (4a 2m) / mère (n°2)	81	10	9
Nicolas (4a 3m) / père (n°1)	76	0	24
Arthur (4a 5m) / père (n°6)	61	39	0
François (4a 6m) / mère (n°12)	90	10	0
Michael (4a 8m) / père (n°9)	75	16	9
Adrien (4a 9m) / mère (n°3)	88	0	12
Jibril (4a 10m) / père (n°13)	72	12	16
Annick (5a 3m) / père (n°18)	48	20	32
Arnaud (5a 7m) / père (n°17)	55	23	21
Bertrand (5a7m) / mère (n°22)	84	7	9
Ben (4a8m) / médiateur (n°7)	65	12	23

Tableau 7-9. Caractère des échanges au sein de chaque dyade (en pourcentage)

Dans toutes les interactions, les échanges ont pour l'essentiel été menés sur le mode mixte de la manipulation mêlée à la discussion (entre 48 et 84% des échanges). Ces résultats apparaissent clairement dans le graphique suivant (voir Figure 7-7). Les interactions observées ont donc comme caractère commun de se réaliser sur la base d'un va-et-vient entre le discours du parent et la manipulation de l'enfant. Les interventions verbales, qui sont le fait des parents, sont majoritairement caractérisées par des demandes répétées de leur part, les enfants répondant essentiellement par l'action, au travers de la manipulation de l'interface tactile du dispositif, comme en témoignent les transcriptions des interactions (voir Annexe 9). De tels résultats n'ont rien de surprenant compte tenu du bas âge des enfants, enclins à s'exprimer davantage par le geste que par la parole.

Les autres échanges se sont réalisés, soit au travers de la discussion seule, soit au travers de la manipulation seule. Dans le premier cas, les échanges verbaux sans utilisation du dispositif, ont essentiellement porté sur le savoir qui nous intéresse. L'instrument n'étant pas en jeu au cours de ces échanges, la ligne du code Tsea est fréquemment remplie dans les diagrammes des interactions (voir Figures 7-1), puisque l'instrument n'est pas représenté dans cette configuration du modèle. Dans le second cas, la manipulation du dispositif hors de tout échange verbal a été réalisée par les enfants au cours de la plupart des inte-

rations, ce qui montre qu'ils étaient alors en situation d'autonomie au cours de ces instants.

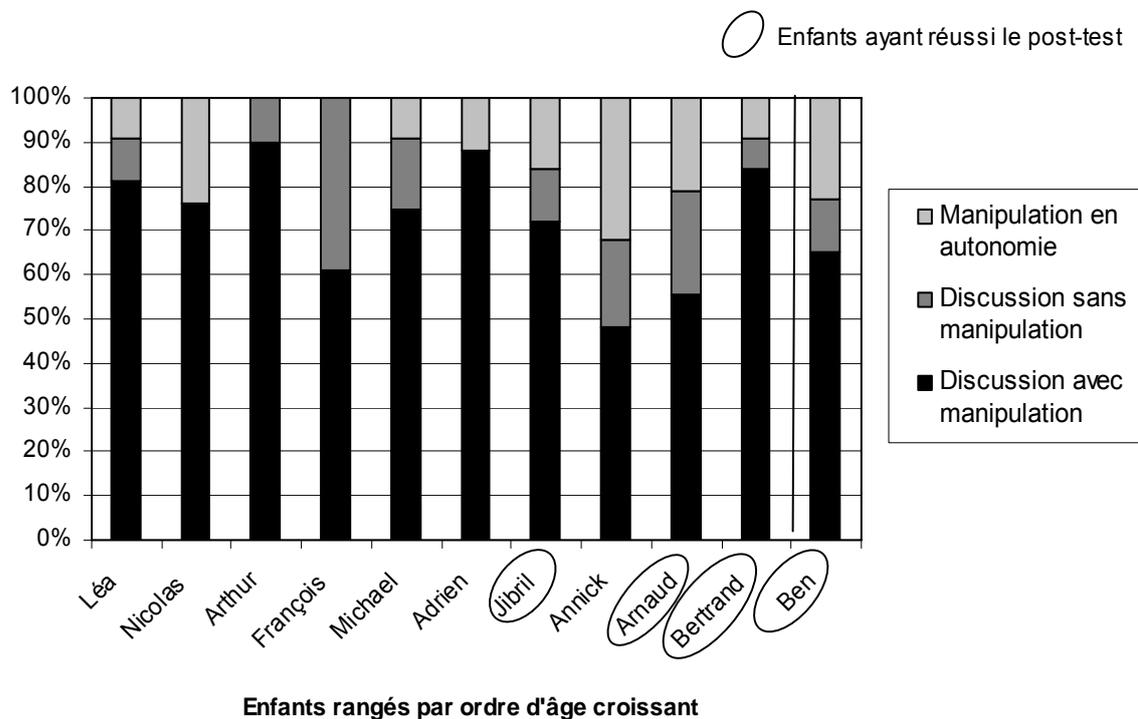


Figure 7-7. Proportion des échanges selon leur caractère discursif et/ou manipulateur

Concernant le caractère discursif et/ou manipulateur des échanges, la lecture du graphique ci-dessus ne fait pas apparaître de régularités particulières du point de vue de l'âge des enfants. Du point de vue de leur résultat au post-test, il apparaît que tous les enfants ayant réussi (Jibril, Arnaud, Bertrand, Ben) ont bénéficié d'une combinaison des trois types d'échanges, ce qui n'est pas le cas pour quatre des enfants ayant échoué (Nicolas, Arthur, François, Adrien). Il semble donc qu'une tutelle performante, en terme de transmission des connaissances, soit caractérisée par une plus grande variété de modes d'interventions de la part du tuteur, permettant des échanges à caractère à la fois discursif et manipulateur, discursif et manipulateur. Mais cette condition, si elle est nécessaire, est non suffisante puisque des enfants ayant bénéficié de telles conditions d'accompagnement (Léa, Michael, Annick) n'ont pas réussi le post-test.

7.5 Synthèse des analyses

Après avoir caractérisé les interactions dyadiques selon les trois groupes de critères précédemment définis (contenu informationnel des échanges, partage du temps de manipulations, caractère des échanges), nous les avons analysées en comparant les données recueillies du point de vue de l'âge des enfants et de leur résultat au post-test de la seconde

étude. L'objectif de cette démarche est de déterminer les éléments susceptibles de jouer un rôle au niveau de l'impact de l'utilisation du dispositif au plan cognitif. Ces analyses nous ont conduit à émettre plusieurs hypothèses concernant les interventions des parents, en terme de conduite.

Concernant le contenu informationnel des échanges, les analyses tendent à montrer que sur la durée totale des échanges réalisés, le pourcentage des interventions à contenu conceptuel est supérieur chez les parents dont les enfants ont réussi le post-test. Ces enfants étant plus âgés que la moyenne de l'échantillon, l'hypothèse que nous avançons pour expliquer ce constat est que, pour une même activité, les parents adaptent leur discours en fonction de l'âge des enfants auxquels ils s'adressent et ont finalement des propos plus soutenus en contenus conceptuels lorsque ceux-ci sont plus grands. Pour formuler cette hypothèse, nous nous appuyons également sur le fait que le pourcentage des durées d'échanges liés à l'activité de dessin, est supérieur au sein des dyades dont les enfants sont plus jeunes. Une telle hypothèse expliquerait les différences de résultats entre enfants, puisque les plus âgés bénéficieraient finalement d'un double avantage vis-à-vis des plus jeunes, du fait de leur âge les rendant plus performant au plan cognitif et donc du fait également d'un accompagnement plus favorable de la part du tuteur. Se pose alors la nécessité d'une aide à la conceptualisation en direction des parents.

S'agissant du pourcentage d'échanges tournés vers le fonctionnement du dispositif, nous avons observé une certaine régularité sur l'ensemble des interactions. Toutes les dyades y ont accordé une part significative du temps de leur activité, y compris celle dont faisait partie le médiateur. Un tel résultat indique que l'utilisation du dispositif, en tant qu'instrument, n'a rien d'immédiat y compris pour les adultes et qu'une partie, parfois très importante de l'interaction, y sera donc nécessairement consacrée. Nous faisons l'hypothèse qu'un tel constat, réalisé sur la base d'un logiciel destiné à des enfants âgés à partir de trois ans, est généralisable à l'ensemble des dispositifs médiatiques de type multimédia interactif, que l'on peut rencontrer dans les expositions scientifiques. Compte tenu de la durée relativement courte de l'activité, telle qu'elle se réalise dans le contexte d'une visite d'exposition, cette hypothèse appelle une réflexion relativement à la conception de ce type de dispositif et notamment aux caractéristiques des interfaces proposées au public. Nous reviendrons sur cette question dans la conclusion générale.

Dans la plupart des interactions, les manipulations ont été effectuées par les enfants. Les parents, comme nous l'avons vu, sont généralement restés en retrait physiquement, interagissant avec leur enfant sur le plan uniquement verbal. Ils ont également pour la plupart, laissé des temps ponctuels d'autonomie à leur enfant au cours de la manipulation. Même si cette posture ne rend pas compte de la nature de l'ensemble de la conduite du parent vis-

à-vis de l'enfant, et n'est donc pas *a priori* un indice suffisant pour en évaluer la qualité, notre hypothèse est qu'elle favorise l'implication de l'enfant dans l'activité. Nous inscrivant dans une approche socio-constructiviste de l'apprentissage, nous considérons en effet l'activité propre de l'enfant comme un des moteurs de son développement cognitif. Par ailleurs, comme l'indique Winnykamen (1998, p. 32) en définissant les interactions de tutelle, « *l'implication ou l'enrôlement des partenaires dans l'interaction constitue (...) une condition nécessaire.* » Les conduites des parents telles que nous en avons rendues compte, s'avèrent donc relativement favorables en terme de posture. Elles favorisent l'action de l'enfant et suscitent son intérêt pour l'activité menée, relevant donc de ce fait du mode de la tutelle.

Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, le contenu informationnel des échanges au cours de l'interaction, est selon nous le facteur le plus significatif pour déterminer la qualité de la tutelle. La place laissée à l'enfant durant la manipulation, l'autonomie qui lui est accordée, sont des facteurs qui ont une incidence vraisemblablement favorable quant à l'impact du dispositif, mais qui ne sont pas aussi déterminants. Ces traits caractéristiques ne sont en effet pas propres aux parents dont les enfants ont réussi le post-test, puisqu'ils ont été observés, de façon plus ou moins soutenue, dans toutes les interactions. Il convient de préciser que ces différents facteurs n'ont de valeur qu'en étant combinés les uns aux autres. Ainsi, concernant l'activité manipulative de l'enfant, si elle est moins déterminante que le contenu informationnel des échanges réalisés en cours d'interaction, n'est en aucun cas négligeable.

Cette tentative de hiérarchisation des différents facteurs susceptibles d'intervenir au plan inter-individuel - et relatifs aux conduites des parents -, ne doit pas faire oublier que le premier déterminant que nous avons identifié est l'âge des enfants utilisateurs et se situe par conséquent sur le plan intra-psychique. Il est en effet vraisemblable que l'expérience de l'enfant dans le domaine de connaissances considéré, ainsi que son action propre durant l'activité, vont conditionner fortement le bénéfice qu'il va retirer, au plan cognitif, de l'utilisation du dispositif. Les différents facteurs que nous avons identifiés initialement comme pouvant jouer un rôle quant à l'impact du dispositif, sont résumés ci-après (voir Tableau 7-10).

Facteurs étudiés \ Âge	... < ≈ 4 a	≈ 4 a < ... < ≈ 5 a	≈ 5 a < ... < ≈ 6 a
Qualité de la tutelle	Non Déterminant	Déterminant	Déterminant
- Contenu informationnel des échanges	/	Déterminant	Déterminant
- Réalisation des manipulations par l'enfant	/	Favorable	Favorable
- Caractère des échanges (discursif/manipulatoire)	/	Favorable	Favorable
Durée de l'activité	Non Déterminant	Favorable	Favorable
Sexe de l'enfant	Non Déterminant	Non Déterminant	Non Déterminant

Tableau 7-10. Poids relatif des facteurs retenus sur les résultats des enfants

Nous faisons l'hypothèse que la proposition d'anticipation de l'impact du simulateur « dessine avec ton doigt », selon les différents facteurs que nous avons arrêtés, est pertinente pour une majorité d'enfants. Comme nous l'avons précisé, ces facteurs ne sont pas exclusifs les uns des autres, c'est la combinaison de ces facteurs qui va déterminer la réalisation de l'impact au plan cognitif.

Lorsqu'il s'agit de mesurer la qualité des tutelles déployées par les parents, dans le cadre de l'accompagnement d'enfants au cours d'activités scientifiques, celle-ci est donc essentiellement déterminée par le contenu informationnel des échanges relevés et notamment par leur lien avec le contenu de savoir en jeu. Selon cette hypothèse, l'impact d'un dispositif médiatique se jouerait donc plus particulièrement sur le plan des conduites verbales que non verbales.

Conclusions et perspectives

Dans la présente recherche, nous nous sommes proposé de déterminer l'impact de l'utilisation d'un simulateur informatique, auprès d'enfants d'âge préscolaire accompagnés de leurs parents, dans le contexte d'une exposition scientifique interactive. Notre objectif étant d'apporter des éléments de réponse concernant la question de l'apport au plan cognitif de ce type de dispositif médiatique, utilisé par des enfants en bas âge dans de tels environnements, nous avons tenté de mettre à jour les transformations éventuelles qu'une telle activité est susceptible d'occasionner au niveau de leur pensée réflexive. Pour mener à bien cet objectif, nous nous sommes appuyé sur un dispositif unique, l'élément « dessine avec ton doigt », présenté dans l'exposition des 3/5 ans de la *Cité des enfants*, à la *Cité des sciences et de l'industrie*. Par ailleurs, nous avons privilégié une approche qualitative basée sur une démarche d'analyse approfondie, portant par conséquent sur un échantillon relativement restreint de participants. C'est pourquoi dans ces conditions, les résultats que nous avançons ont valeur d'hypothèses et sont à considérer du point de vue des spécificités de notre recherche au plan empirique.

Celles-ci sont relatives à différents aspects : le public cible sollicité, le type de support utilisé, le contexte d'étude ainsi que les modalités de sa mise en œuvre. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, les enfants en bas âge sont peu concernés par les recherches actuelles sur les technologies éducatives. Lorsqu'ils le sont, les logiciels utilisés comme supports d'activités sont rarement de type "simulation". Nous avons en effet constaté dans le second chapitre, que ces logiciels sont davantage employés avec des sujets plus âgés, notamment de l'enseignement secondaire, dans le cadre d'investigations en didactique des disciplines scientifiques. Par ailleurs, lorsqu'elles portent sur ce type de logiciels, les études relèvent essentiellement du contexte scolaire, l'environnement muséal étant quant à lui peu investi. Enfin, les adultes sollicités pour accompagner les enfants au cours d'activités basées sur l'utilisation d'ordinateurs, ce qui est peu fréquent comme nous l'avons vu dans le troisième chapitre, sont rarement les parents mais plutôt des tuteurs dit experts (enseignants, éducateurs, etc.). Au fil de nos lectures, nous n'avons finalement pas trouvé de travaux combinant l'ensemble de ces caractéristiques. Notre recherche revêt donc un caractère exploratoire, au sens où elle aborde un champ peu investi jusqu'alors, se trouvant à la jointure de plusieurs domaines de recherche, relevant des technologies éducatives, de la médiatique des sciences, de la psychologie cognitive et de l'éducation parentale en situation d'apprentissage.

Comme nous l'avons précisé, nous nous sommes appuyé sur les travaux de Vygotski (1934/1997) et de Bruner (1983) dans le domaine de la médiation sociale et sur le fait que les jeunes enfants sont toujours accompagnés d'adultes lorsqu'ils parcourent les expositions, pour considérer la présence des parents comme indispensable. C'est pourquoi, par les termes "utilisation d'un dispositif", nous entendons "utilisation d'un dispositif sous la conduite de l'adulte". C'est donc l'impact de cet ensemble que nous avons souhaité déterminer dans le cadre de notre recherche. Afin d'évaluer les rôles relatifs joués par la médiation instrumentale et par la médiation humaine dans cet impact, nous avons dissocié ces deux déterminants en opérant selon deux études consécutives. Nous nous sommes dans un premier temps centré sur les facteurs d'ordre intra-individuels, en mesurant l'apport de l'utilisation du dispositif dans des conditions expérimentales d'utilisation sous la conduite d'un tuteur expert, puis nous nous sommes centré dans un second temps sur les facteurs d'ordre inter-individuels, en évaluant l'influence de la conduite des parents au cours de l'activité.

En vue d'évaluer l'impact du dispositif au plan cognitif, nous nous sommes appuyé sur la théorie de la représentation proposée par Vergnaud (1987), qui rend compte au plan psychique, des relations que doit construire un individu pour comprendre et interpréter les situations, communiquer à leur sujet, faire des prédictions, des inférences, etc. Nous avons donc considéré que l'impact serait atteint chez les enfants qui seraient en mesure de mettre en relation l'activité sur les objets symboliques, réalisée durant la manipulation du dispositif, avec l'activité sur les objets réels qui leur a été proposée ultérieurement. Le domaine de connaissances auquel nous faisons référence est celui de la transformation relative au mélange des pigments colorés. Nous attendons de l'activité de simulation une explicitation, auprès des enfants, de l'opération de mélange comme moteur de cette transformation.

Les apports du simulateur « dessine avec ton doigt »

Les résultats de la première étude ont montré que le premier facteur déterminant est l'âge des enfants utilisant le dispositif. Vraisemblablement, pour ce qui est du domaine de connaissances considéré, nous avons identifié un âge de transition proche de quatre ans. Les enfants de moins de quatre ans n'ont en effet pas été en mesure de faire le lien entre les deux types d'activités, et ce malgré les conditions de tutelle favorables. Autrement dit, pour ces enfants, il est vraisemblable que l'utilisation du dispositif n'a que peu d'impact au plan cognitif, au regard des critères que nous avons retenus pour le définir. Nous faisons l'hypothèse que l'environnement virtuel n'a pas été appréhendé pour sa fonction symbolique, c'est-à-dire comme une représentation de la réalité, mais uniquement comme un environnement autonome. Par ailleurs, au plan conceptuel, il est probable que les jeunes en-

fants ne sont pas parvenus à organiser et à mettre en relation les deux états de la transformation. En revanche pour les enfants d'âge supérieur à approximativement quatre ans, nous avons fait l'hypothèse que l'activité de simulation a bien joué son rôle d'explicitation du lien de causalité entre ces états.

Concernant l'intérêt des activités de simulation présentées dans les expositions scientifiques, nous pensons qu'elles permettent effectivement d'exercer la métacognition et de favoriser ainsi la prise de conscience permettant la transformation des connaissances implicites en connaissances explicites. Nous rejoignons sur ce point le constat effectué par Le Marec (1991) à l'occasion de l'évaluation du dispositif multimédia interactif « Phyto flip » présenté dans l'exposition *Explora* de la *Cité des sciences*. Ce simulateur proposait aux visiteurs (adultes) d'agir sur différents paramètres (chaleur, luminosité, engrais, arrosage, etc.) en vue de faire pousser une plante sur un cycle d'une année. Pour Le Marec (ibid., p. 22), l'intérêt de l'utilisation de ce simulateur par le visiteur est de permettre la conscientisation de sa démarche : « *l'interactif permet de rendre visible dans un court laps de temps unifié, le raisonnement et les intuitions que l'on a et que l'on ne perçoit pas forcément. (...) Il offre la possibilité, non pas d'une expérimentation, mais d'un regard sur sa propre pratique, le visiteur est obligé de formuler et rationaliser une séquence de raisonnement, tout au long des choix qu'il est obligé d'effectuer.* »

Les logiciels de simulation, en situation d'apprentissage, présentent donc principalement l'intérêt, selon nous, d'expliciter les processus et les phénomènes sur lesquels ils portent et d'offrir par conséquent aux utilisateurs la possibilité de formaliser leurs idées par rapport à aux domaines de connaissances considérés. En d'autres termes, « *interagir avec un modèle, produit par l'ordinateur, structuré et dynamique fournit au minimum la possibilité de clarification et de cristallisation des idées* »⁶⁴ (Bliss, 1994, p. 32, cité par Dimitracopoulou et al., 2002). Cela signifierait donc que ces idées doivent déjà être plus ou moins présentes dans l'esprit des utilisateurs, même de façon nébuleuse, autrement dit que les savoirs, pour être explicités, doivent être *a minima* implicites et avoir été constitués antérieurement, notamment sur la base de manipulations d'objets physiques.

Ce dernier point est vraisemblable puisque comme nous l'avons vu, plusieurs enfants ayant réussi le post-test ont déclaré qu'ils avaient appris les mélanges de peintures à l'école, en conditions réelles de manipulation. Ce sont donc ces expériences réelles qui auraient principalement marqué leur esprit, l'activité de simulation ayant valeur d'exercice formel. Dans ces conditions, l'impact de l'utilisation d'un simulateur serait donc principale-

⁶⁴ « *Interacting with a model in a computer which is clearly structured and runnable provides at least the possibility of clarification and crystallization of ideas.* »

ment lié aux acquis des utilisateurs et à leur expérience dans le domaine de connaissances considéré. Une telle hypothèse rejoint les résultats de travaux que nous avons cités, selon lesquels les seuls logiciels de simulation seraient insuffisants à l'acquisition des connaissances scientifiques mais en favoriseraient la formalisation.

Concernant les jeunes enfants, le simulateur est au même titre un instrument d'explicitation et de formalisation. Mais le processus de conscientisation est également lié, en ce qui les concerne, à la qualité de la tutelle déployée par l'adulte accompagnateur.

Les conduites des parents

La seconde étude a été réalisée avec des enfants âgés de plus de quatre ans, la conduite de l'activité de simulation ayant été confiée aux parents pour une partie de l'échantillon sollicité. Les résultats montrent que la qualité de la tutelle est vraisemblablement le second facteur déterminant en terme d'impact. Les enfants âgés de moins de cinq ans, n'ont pas réalisé le lien entre l'activité virtuelle et l'activité réelle dans ces conditions naturelles d'accompagnement. En revanche, les plus âgés y sont parvenus. Ce résultat est d'importance puisqu'il montre que l'âge de transition - que nous avons ciblé aux alentours de quatre ans dans un contexte expérimental de manipulation - augmente d'une année lorsque la manipulation est réalisée dans un contexte naturel, se rapprochant alors de 5 ans. Cet écart pointe les différences en terme de qualité de tutelle suivant le statut du tuteur, selon qu'il s'agit d'un parent, non spécialiste de la médiation scientifique, ou d'un tuteur expert, médiateur professionnel de l'exposition. Les interventions de ce dernier, dans le cadre de l'accompagnement d'enfants au cours d'activités scientifiques, s'appuient donc sur des compétences spécifiques que ne possède pas la majorité des parents. Pour le domaine de connaissances considéré, celles-ci semblent d'autant plus avérées que les enfants sont jeunes ; mais les résultats montrent également que l'écart, en terme d'expertise pédagogique, se réduit au fur et à mesure que l'âge des enfants augmente.

Et de fait, outre des différences incontestables au plan intra-psychique, rendant les enfants plus performants en termes de ressources cognitives, la caractérisation des interactions dyadiques réalisée à l'aide du modèle du *carré médiatique*, a montré que le contenu informationnel des échanges en cours d'activité est plus soutenu sur le plan conceptuel, entre les enfants ayant réussi le post-test et leur parent. Ce qui indique que les parents des enfants les plus âgés, ont développé des tutelles plus favorables en terme de transmission des connaissances, allant jusqu'à approcher pour deux d'entre eux, celle déployée par le médiateur du point de vue des caractéristiques que nous avons choisies. Ce constat concorde avec les résultats d'un certain nombre de travaux sur l'étayage parental des activités (Tamis-LeMonda & Bornstein, 1991 ; Labrell, Bergonnier-Dupuy & Deleau, 1999 ; Da-

nis, Forgeot & Wallet, 2003), qui ont montré que la distanciation du discours parental est sensible à l'âge. Or, la distanciation parentale selon Sigel (1970), permet de caractériser les interventions des adultes qui se situent dans la *zone proximale de développement*, à savoir que les actes *distanciants* incitent l'enfant à utiliser un niveau de représentation plus abstrait que celui qu'il utilise spontanément. Autrement dit, le niveau de distanciation parentale est un indicateur du niveau de conceptualisation mobilisé dans les échanges. Nous faisons l'hypothèse que les enfants les plus âgés de l'échantillon ont tiré parti de cet accompagnement plus favorable dont la qualité conditionne donc pour l'essentiel la réalisation de l'impact de l'activité.

Sur le plan des aspects purement formels, la caractérisation des interactions a montré que les parents se conduisent de façon relativement semblable, laissant majoritairement l'enfant manipuler et lui concédant des plages d'activité en autonomie. Ces attitudes relativement favorables en terme de transmission des connaissances dans le cadre de situations d'apprentissage ne sont toutefois pas apparues aussi déterminantes que le contenu informationnel des échanges réalisés en cours d'activité. Les parents des enfants les plus jeunes ont en effet axé essentiellement leurs interventions sur des aspects pratiques de l'activité, et notamment sur les dessins réalisés par l'enfant.

La position de l'adulte accompagnateur dans les expositions scientifiques telles que la *Cité des enfants*, s'avère *a priori* difficile, si tant est que cette visite s'inscrive dans une perspective éducative. En effet, il est dans une situation de tuteur comme nous l'avons vu mais, contrairement au tuteur expert médiateur de l'exposition, il n'est pas familiarisé avec les dispositifs médiatiques qu'il découvre en même temps que l'enfant. Il ne dispose ni de routine, ni de procédure connue, à la fois pour l'aider et pour résoudre la tâche en cours. De plus, ignorant les modes de réponses possibles de l'enfant, il doit davantage improviser ses réponses. Ces constats ont été effectués dans d'autres environnements, notamment en crèche parentale au cours d'une étude portant sur les comportements éducatifs des parents (tuteurs naïfs) et des éducateurs de jeunes enfants (tuteurs experts) (Santolini, Danis & Tijus, 2003) : « *Puisque l'activité est nouvelle (ou tout au moins non quotidienne), le parent intervenant en crèche dispose au départ d'un savoir moins constitué concernant à la fois la tâche à résoudre et les actions de l'apprenant, ces "deux modèles théoriques" nécessaires à la tutelle efficace (Wood, Bruner et Ross, 1976, p. 97), et qu'il doit donc construire en cours d'interaction. Son attention doit alors être davantage engagée dans l'interaction. Il doit alors réellement "être" dans l'activité. Il doit comprendre ce qu'il faut faire dans l'état courant de la situation et comprendre ce que l'enfant essaye de faire.* »

Ce constat pose donc la question de l'accompagnement des parents, en vue de leur fournir des aides les incitant à tendre vers un niveau plus élevé d'abstraction au cours de leur in-

tervention. Aussi, nous rejoignons ici la proposition faite par Ailincai (2005) dans le cadre de sa thèse, quant à la nécessité de proposer aux parents des actions de sensibilisation à leur rôle de tuteur. Dans le cadre d'une étude sur les interactions parent/enfant dans l'exposition des 3/5 ans de la *Cité des enfants*, elle a réalisé une analyse en termes d'actes de langage pour rendre compte des interactions de tutelle. Le constat effectué est que la plupart des parents ont des modes d'intervention peu adaptés vis-à-vis de leur enfant, en terme de transmission des connaissances. Nous n'avons pas, en ce qui nous concerne, analysé les interactions selon ces critères, mais nous pensons toutefois qu'une telle proposition pourrait être également profitable aux parents, sur le plan des contenus de savoirs à transmettre, afin qu'ils bénéficient d'éléments d'indications quant aux concepts sous-tendus dans les dispositifs manipulés. Mais ce type d'aide ne peut être réellement profitable que si elle est explicite, tant sur le fond que sur la forme, pour être accessible aux parents. Comme nous l'avons signalé en présentation de la *Cité des enfants*, les consignes actuellement positionnées sur les éléments muséologiques pour en expliquer le fonctionnement, s'avèrent insuffisantes, tout comme les panneaux intitulés « Parcours parents », déployés dans l'exposition et qui suggèrent des modèles de conduite. C'est pourquoi, concernant les multimédias interactifs, nous pensons qu'une telle aide pourrait être délivrée au cours de la manipulation, par le dispositif lui-même. Cette suggestion pose la question de la conception de ces dispositifs, sur laquelle nous reviendrons.

Les parents ne disposant pas d'un modèle de la tâche qui leur permettrait d'ajuster leur action et leur médiation dans l'interaction avec l'enfant, ils expliquent et l'aident intuitivement ou selon leur vision de la pédagogie. Toutefois, malgré l'absence de guide, les observations et l'analyse des transcriptions, montrent que les parents adoptent spontanément des postures relevant du mode de la tutelle. Ils exercent une action sur l'enfant, lui proposent des situations, des objectifs et orientent son activité. Nous sommes donc bien en présence de situations éducatives portant sur des enjeux de connaissances. La présence des parents s'avère donc nécessaire au cours de l'accompagnement des enfants durant l'activité. Cette nécessité est ressentie par les parents eux-mêmes, puisque dans le questionnaire qui leur a été posé durant l'entretien post-test, l'item relatif à l'intérêt de leur présence au cours de l'utilisation du simulateur, a fait apparaître que, sur les dix parents ayant accompagné leur enfant, six d'entre eux considéraient leur présence comme "indispensable", et quatre comme "utile". Les raisons avancées relèvent uniquement d'enjeux de types éducatifs : utiliser le logiciel, comprendre le principe de mélange des couleurs et maintenir l'attention de l'enfant (voir Figure 8-1).

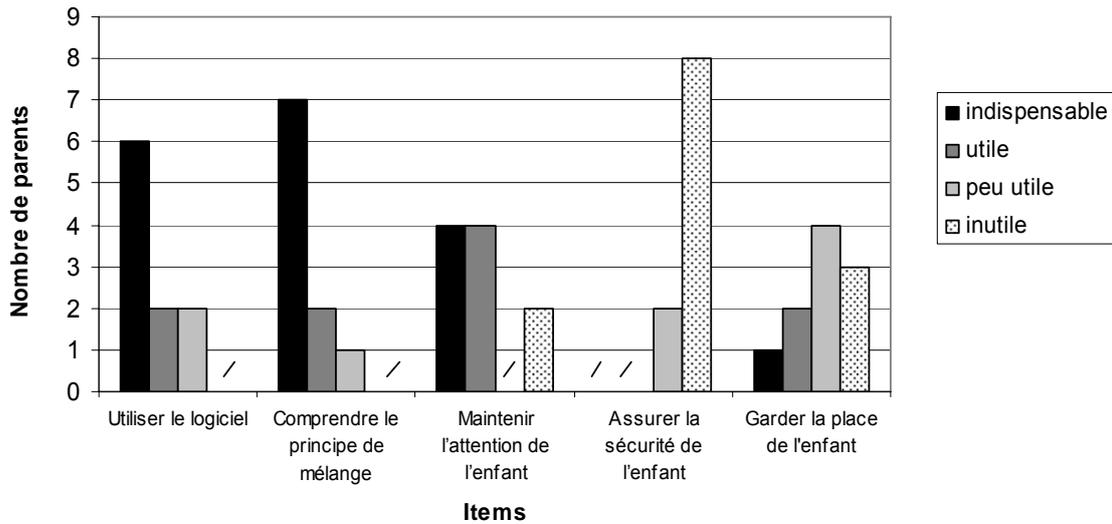


Figure 8-1. Nécessité de la présence d'un adulte auprès de l'enfant durant l'activité

L'assistance à fournir aux parents au cours de l'activité devrait porter sur les concepts sous-tendus par le dispositif médiatique, et sur lesquels ils peuvent appuyer leur discours. Mais, comme nous l'avons vu, il est un autre domaine où la manipulation ne va pas de soi, celui concernant le fonctionnement du dispositif.

La conception du dispositif « dessine avec ton doigt »

Tous les parents ont consacré une part plus ou moins grande de l'activité à l'utilisation du dispositif, quelques-uns d'entre eux ayant même rencontré des difficultés à le faire fonctionner. Dans une exposition interactive, le visiteur étant confronté à des objets techniques qui lui sont *a priori* inconnus, doit nécessairement s'en approprier le fonctionnement, avant de pouvoir bénéficier pleinement du savoir médiatisé par ces objets. Or la particularité des manipulations réalisées en contexte muséal est, d'une part, que le visiteur en tant qu'utilisateur est seul face à l'instrument et, d'autre part, que son temps de manipulation est relativement limité, généralement à quelques minutes. Par conséquent, plus la compréhension du fonctionnement de l'objet sera malaisée, plus le bon déroulement de l'activité - telle qu'elle a été pensée par le concepteur -, risque d'être compromis. L'abandon de l'activité par le visiteur, faute d'une bonne compréhension du fonctionnement de l'instrument de médiation, sonnait alors comme un échec pour le concepteur.

Concernant les dispositifs basés sur des outils informatiques, la bonne compréhension des interfaces logicielles présentées, est nécessaire à leur utilisation. Or, comme l'a montré un certain nombre d'auteurs ⁶⁵ dans le contexte spécifique des musées, des écarts sont fré-

⁶⁵ Voir le numéro de *Publics et Musées* (Bernier et Goldstein, 1998) consacré aux nouvelles technologies.

quemment observés entre les usages projetés des concepteurs et les usages effectifs des utilisateurs. Comme le constate également De Vries (2001), qui s'est intéressée aux modes d'évaluation des logiciels éducatifs dans un contexte plus général, « *il n'est pas rare de devoir constater qu'un logiciel n'est pas utilisé de la façon prévue par les concepteurs* ». Ce constat qui met en lumière l'écart existant entre les intentions des concepteurs de logiciels et les utilisations effectives qui en sont faites par les usagers, pointe les difficultés d'appropriations et donc de conceptions de ces outils, lesquelles reposent parfois sur des considérations *a priori*. Ainsi, s'agissant des dispositifs à interface tactile, l'idée selon laquelle ces interfaces sont d'une appropriation immédiate, est largement répandue, y compris chez des spécialistes du domaine. Les propos de Le Marec *et al.* (1996, p. 54), dans le cadre d'un ouvrage de synthèse sur les fonctions et usages des interactifs dans les musées, sont à cet égard assez catégoriques : « *L'écran tactile est l'outil de manipulation favori du public. Il est reconnu comme le plus efficace, le plus ergonomique et le plus accessible, puisque d'emploi quasiment intuitif. Il permet mieux que la souris et le track-ball, de lier le geste à la perception.* » Or, comme nous l'avons montré, ce caractère intuitif, considéré comme une évidence, est loin d'être établi.

L'usage effectif d'un logiciel est largement déterminé par ses *affordances*. Le concept d'*affordance*, proposé par Gibson (1977) (cité par Norman, 1999) puis repris et revu par Norman (*ibid.*), réfère aux propriétés perceptives des objets, qu'ils soient virtuels ou réels. La proposition de Norman est que les objets portent en eux des indices perceptifs qui vont orienter l'action exercée par les utilisateurs sur ces objets. Autrement dit, une *affordance* permet à l'utilisateur de se servir d'un objet sans explication. Or, comme le précise De Vries (*op. cit.*), « *la notion d'affordance conduit à rechercher la cause d'un mauvais résultat dans la conception plutôt que dans l'utilisation du logiciel* ». Concernant le dispositif « *dessine avec ton doigt* », les choix initiaux des concepteurs de recourir à des représentations figuratives (tubes de peinture, pot à mélange, robinet, etc.), probablement en vue d'en rendre l'interprétation plus aisée, s'avèrent parfois sources de confusions pour les utilisateurs. Comme nous l'avons vu, face à ces objets symboliques censés évoquer la réalité, les parents et les enfants, ont tendance à adapter leurs gestes et à agir sur ces objets comme s'ils étaient réels. Or ils ne le sont pas et les actions exercées se trouvent du coup non appropriées, compte tenu des exigences de manipulation que requiert ce type d'interface tactile. Le caractère pseudo-réaliste des objets symboliques représentés, n'invite donc pas à une utilisation appropriée de l'interface et induit finalement les utilisateurs en erreur.

Outre les aides relatives aux contenus de savoirs médiatisés par le dispositif, quelques indications de manipulation seraient également les bienvenues, en vue de donner aux adul-

tes les moyens d'accompagner l'activité des enfants dans les meilleures conditions. La question du mode de diffusion de ces informations se pose alors.

Tel que nous l'avons utilisé, le dispositif « dessine avec ton doigt » ne propose qu'un traitement visuel de l'information, c'est-à-dire qu'il la délivre selon une unique modalité sensorielle. Or, si l'on s'en tient aux résultats des travaux de Mayer (1997) notamment, sur la construction des connaissances scientifiques à l'aide du multimédia, l'efficacité des apprentissages réalisés avec ces outils, s'accroît lorsque les mots (sous forme verbale) et les images sont présentés en contiguïté, autrement dit lorsque plusieurs modes sensoriels sont mobilisés simultanément chez l'utilisateur. Le recours aux deux formats - narration et animation - présentés en contiguïté, s'appuie sur la théorie du double codage de Paivio (1986, cité par Mayer, 1997), qui suppose que les individus possèdent deux systèmes distincts de traitement de l'information. L'efficacité de l'apprentissage multimédia tel qu'il est proposé par Mayer (*ibid.*), a été démontrée au travers de nombreuses expériences relatives à la compréhension de phénomènes scientifiques ou de systèmes techniques : fonctionnement du système respiratoire, formation des éclairs, fonctionnement d'une pompe à vélo, d'un système de frein de voiture, etc. Mais il convient toutefois d'être prudent, car ces expériences ont été réalisées avec des sujets plus âgés que ceux que nous avons sollicités. Par ailleurs, cette efficacité a ses limites : Mayer et Sims (1994) ont en effet montré que les sujets ayant de faibles compétences spatiales, tirent peu bénéfice d'une présentation simultanée, visuelle et verbale.

La combinaison de formats nous apparaît toutefois intéressante en ce qui concerne les dispositifs de simulation présentés dans les expositions interactives pour enfants. Comme nous l'avons dit, nous considérons la présence des adultes comme indispensable au cours de l'activité - si tant est que celle-ci s'inscrive dans une perspective éducative - et ce serait donc essentiellement ces derniers qui seraient visés. Ainsi dans le cas du dispositif « dessine avec ton doigt », cette combinaison permettrait de délivrer des informations sous forme sonore, par exemple en début d'activité au lancement du logiciel, en vue de leur donner les moyens de développer une tutelle favorable et d'utiliser le dispositif de manière efficace. Quoi qu'il en soit, ce supplément d'information diffusée sur le mode de la narration serait également profitable aux enfants qui, rappelons-le, sont non lecteurs. Une telle mesure n'exclut pas, comme l'on suggéré un certain nombre de parents dans le second questionnaire (voir Annexe 8), des modifications portant sur des aspects fonctionnels de l'interface : place des icônes, taille de l'écran, etc.

Enfin, comme nous l'avons vu, les parents n'ont pas fait le lien entre l'activité virtuelle et l'activité réelle représentée. Or, c'est probablement là une des clés du succès de l'activité de simulation en terme d'impact. En vue d'inciter par ailleurs les parents accompagnateurs

à tenir des discours davantage conceptualisants, il serait donc judicieux de donner des indications en s'appuyant, non pas sur les objets symboliques figuratifs tels qu'ils sont proposés dans le modèle simulé, mais sur des objets d'un rendu plus réaliste. Les modalités d'une visite réalisée dans les expositions interactive, où le public manipule en autonomie, rendent impossible l'utilisation d'objets réels, tels que ceux utilisés en peinture⁶⁶, mais il serait en revanche possible de s'appuyer sur de courts extraits vidéos présentant des manipulations réelles. Ces séquences vidéos seraient intégrées au logiciel de simulation lui-même et auraient vocation à faire verbaliser les parents et les enfants sur l'articulation entre l'activité de simulation et l'activité réelle lui correspondant. La mise en correspondance entre les deux mondes serait alors rendue explicite et inciterait par ailleurs les parents à davantage de conceptualisation. Ces extraits vidéo pourraient être délivrés à différents instants de la manipulation, selon les modalités fixées par des scénarios d'activités mis en place. Il serait toutefois nécessaire de vérifier le degré d'efficacité de ce type de représentation auprès des jeunes enfants, et notamment leur pouvoir évocateur vis-à-vis de la réalité représentée ; car comme l'indique Peraya (1995), les représentations les plus efficaces ne sont pas nécessairement les plus réalistes.

L'objectif de cette recherche n'étant pas de concevoir un nouveau dispositif « dessine avec ton doigt », nous n'allons pas développer davantage notre réflexion. Les propositions que nous avançons, et qui s'appuient sur les résultats que nous avons présentés, sont donc à approfondir. Afin d'en vérifier la validité, une nouvelle étape de cette recherche serait de concevoir une nouvelle interface du simulateur, compte tenu des différentes préconisations que nous avons faites, et d'en déterminer l'impact auprès des jeunes visiteurs. Afin d'engager une réflexion plus générale sur l'utilisation et la conception des simulateurs informatiques dans les expositions interactives scientifiques pour enfants - compte tenu des conditions spécifiques d'utilisation de ces dispositifs médiatiques -, il serait par ailleurs intéressant de concevoir différents logiciels de simulation portant sur d'autres domaines de connaissances, qu'elles soient relatives à des phénomènes scientifiques ou à des systèmes techniques.

Le carré médiatique

Le modèle du *carré médiatique*, que nous avons développé pour rendre compte des interactions dyadiques s'avère relativement pertinent aux vues des résultats présentés. En isolant la médiation humaine de la médiation instrumentale et en dissociant l'instrument, en tant qu'objet technique, du savoir médiatisé par cet instrument, nous avons pu distinguer quatorze configurations différentes du modèle selon les relations se jouant entre les quatre

⁶⁶ Ce qui rendrait de toute façon l'exercice de simulation inutile.

composantes de la situation médiatique : l'enfant, le parent, le savoir et l'instrument. La transcription des échanges aux plans verbal et non verbal, le découpage en séquences, puis le codage de ces séquences à l'aide des configurations du carré médiatique nous ont conduit à élaborer le diagramme de chaque interaction dyadique. Ces diagrammes nous ont permis de caractériser les interactions du point de vue des critères que nous avons considérés comme déterminants sur le plan des conduites. Nous avons à cet égard observé un certain nombre de régularités dans les conduites des parents en cours d'interaction, que ce soit au niveau du contenu informationnel des échanges ou, de façon moins déterminante, au niveau de la participation active de l'enfant au plan manipulateur ou encore du caractère des échanges (discursif et/ou manipulateur).

Dans le cadre de recherches ultérieures, ce modèle - tout en conservant l'ensemble des quatre pôles le constituant - pourrait être simplifié. Nous avons en effet constaté que sur l'ensemble des quatorze configurations définies, six ont finalement suffi à rendre compte de l'ensemble des interactions. Cette version allégée du modèle aurait l'avantage de permettre un codage plus rapide des transcriptions et de rendre la lecture des diagrammes plus aisée. Il serait alors intéressant d'utiliser ce modèle simplifié, afin de vérifier si les régularités observées dans les conduites des parents avec le dispositif « dessine avec ton doigt », se retrouvent avec d'autres dispositifs médiatiques. Si tel était le cas, le modèle du *carré médiatique* deviendrait un outil réellement intéressant permettant de mesurer l'impact de l'utilisation des dispositifs médiatiques auprès d'enfants accompagnés d'adultes, sur la seule base de l'observation des interactions.

Bibliographie

La rédaction de la bibliographie répond aux normes de l'APA (*American Psychological Association*, 2001)

Abroughi, M., & Clément, P. (1996). *Evolution des conceptions d'élèves de dix ans sur la génétique à la suite d'activités scolaires incluant une visite scolaire à la Cité des enfants*. *Didaskalia*, 8, 33-60.

AFNEUS Association Fédérative Nationale des Etudiants Universitaires Scientifiques (2001). *Rapport national sur la désaffection des études de sciences. Diagnostic et propositions de solutions*. Paris : AFNEUS.

Disponible à l'adresse : <http://www.afneus.org/synthese.pdf>

Ailincai, R. (2001). *Styles interactifs propres aux parents accompagnant les enfants lors d'une visite sur l'exposition 3/5 ans*. Mémoire de DEA, Université Paris 5. Non publié.

Ailincai, R. (2005). *Un dispositif d'éducation parentale. Sensibilisation des parents à leur rôle d'accompagnateur de leur enfant dans le cadre d'un musée à caractère scientifique et technique*. Thèse de doctorat, Université Paris 5. Non publié.

Ailincai, R., & Weil-Barais, A. (2003). *De l'étude des interactions parents-enfants dans un contexte muséal scientifique à une proposition d'intervention innovante auprès des parents*. Communication présentée au IX^{ème} Congrès international de l'AIFREF, Leuven, Belgique.

Allard, M. (1993). Le musée comme lieu d'apprentissage. *Vie pédagogique*, 84, 41-43.

Allard, M., Larouche, M.-C., Lefebvre, B., Meunier, A., & Vadeboncoeur, G. (1995/1996). Lieu d'apprentissage et de développement. La visite au Musée. *Réseau*, décembre 1995, janvier 1996, 14-19.

Allari, V. (1985). Expérience informatique à l'école maternelle Michelet (Salon de Provence). *Bulletin de l'EPI*, 40, 85-91.

Allari, V. (1986). L'école de la tortue. *Bulletin de l'EPI*, 42, 136-146.

American Psychological Association (2001). *Publication manual of the American Psychological Association*, fifth édition. Washington : American Psychological Association.

Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. et Vérin, A. (2001). *Comment les enfants apprennent les sciences*, Retz, Paris.

Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : J. Vrin.

- Barchechath, E. & Pouts-Lajus, S. (1990). « Sur l'interactivité » postface. In K., Crossley & L., Green. *Le design des didacticiels*. Paris : OTE (Observatoire des Technologies pour l'Éducation en Europe).
- Baron, G.-L. (1994). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université Paris 5 - René Descartes, Paris. Non publié.
- Baron, G.-L. (1997). Les nouvelles technologies : permanence ou changement ? *Recherche et formation*, 26, 121-130.
- Baron, G.-L. (2005). De l'usage de la mémoire en TICE. *Les dossiers de l'ingénierie éducative*, 50, 14-17.
- Baron, G.-L., & Bruillard, É. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Paris : PUF.
- Baron, G.-L., & Durey, A. (1998). Préface. *Actes de l'Université d'été : Les technologies de l'information et de la communication et l'actualisation des enseignements scientifiques et techniques au lycée d'enseignement général et au collège*, juillet 1998, Cachan.
- Baron, G.-L., Bruillard, É., & J.-F. Lévy (2000). *Les technologies dans la classe : de l'innovation à l'intégration*. Paris : INRP-EPI.
- Baron, M. (1998). Simulateur. In R. Doron, & F. Parot (Éds.), *Dictionnaire de Psychologie*, pp. 666. Paris : PUF.
- Beau De Moulin, S. (1985). *Tortue de sol et apprentissage de symboles en grande section de maternelle*. Colloque « L'enfant et l'ordinateur ». Société Française de Psychologie, Section de Psychologie de l'Enfant. Rouen (France) : 6-7 mars 1985.
- Beaufils, D., Durey, A., & Journaux, R. (1987a). L'ordinateur en sciences physiques, quelles simulations ? In A. Giordan, & J.-L. Martinand (Éds.), *Modèles et simulation, 9èmes Journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 321-327). Paris : Université Paris 7.
- Beaufils, D., Durey, A., & Journaux, R. (1987b). La simulation sur ordinateur dans l'enseignement des sciences physiques : quelques aspects didactiques. In A. Giordan, & J.-L. Martinand (Éds.), *Modèles et simulation, 9èmes Journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 507-514). Paris : Université Paris 7.
- Beaufils, D. et al. (2001). *Rapport d'étude « Utilisation de logiciels de simulation comme aide à la consolidation des connaissances en physique »*. Recherche de l'IUFM de l'académie de Versailles menée en association avec l'INRP-TECNE.

- Disponible à l'adresse : <http://formation.etud.u-psud.fr/didasco/RapSimlufm/Accueil.htm>
- Bernard, F.-X. (2003). *Du virtuel au réel : apport de l'utilisation d'un simulateur informatique par des enfants de 3 à 5 ans dans un espace muséologique*. Mémoire de DEA, Université Paris 5. Non publié.
- Bernier, R. et Goldstein, B. (Éds.) (1998). *Public, nouvelles technologies, musées. Publics et musées, 13*.
- Bert, P. (1881). L'instruction dans une démocratie. *Discours, leçons et conférences*. Paris : G. Charpentier.
- Bertaux, D. (1980). L'approche biographique : sa validité méthodologique, ses potentialités, *Cahiers internationaux de sociologie, LXIX*, 210-211.
- Bertrand, F. (1997). Une expérience informatique en maternelle. *Revue de l'EPI, 87*, 119-124.
- Blandin, M.-C., & Renar, I. (2003). *Rapport d'information n°392 - La diffusion de la culture scientifique*. Paris : Sénat.
Disponible à l'adresse : <http://www.senat.fr/rap/r02-392/r02-3921.pdf>
- Bliss, J. (1994). From Mental Models to Modelling. In H. Mellar, J. Bliss, R. Boohan & J. Ogborn (Éds.), *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press.
- Bodur, B., & Guichard, J. (2006). Matériel ou virtuel pour la compréhension du mouvement du bras chez l'homme. *Actes de la Huitième Biennale internationale de l'éducation et de la formation* (pp. 42-43). Lyon : INRP.
- Boule, F. (1986). Logo : présupposés et visées de la maternelle au collège. *Bulletin IPEM, 10*, 5-9.
- Boule, F. (1987). Micro-mondes et macro-primitives. *Bulletin de l'EPI, 45*, 130-139.
- Bossuet, G. (1983). *L'ordinateur à l'école, le système LOGO*. Paris : PUF.
- Bossuet, G. (1985). *ACCORD-LOGO, Volume 1*. Paris : Université Paris 6.
- Bruillard, É. (1997). *Les machines à enseigner*. Paris : Hermès.
- Bruillard, É. (1998). L'ordinateur à l'école : de l'outil à l'instrument, *Sciences et techniques éducatives, 5 (1)*, 63-80.
- Bruner, J.S. (1983). *Le développement de l'enfant. Savoir faire, savoir dire*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Bruner, J.S. (1986). Jeu, pensé et langage. *Perspectives, 57 (14)*, 83-90.

- Caillot, M. (2004). Compétences spécifiques et compétences transversales : un état de la question en didactique et en psychologie cognitive. *Argos*, 35, 36-44.
- Cannard, C., Bontoux, F., & Blaye, A. (2004). Analyse développementale des erreurs de dénomination d'images chez l'enfant de 3 à 8 ans. *Communication orale à l'Atelier de Conjonction de la SFP, Acquisition du langage : vers une approche disciplinaire*, Strasbourg, décembre 2004.
- Caro, P. (1993). *La roue des sciences : du savant à la société, les itinéraires de la connaissance*. Paris : Albin Michel.
- Chabot, M. (1994). Informatique à l'école maternelle. *Revue de l'EPI*, 73, 87-96.
- Chaptal, A. (2002). Les TICE à la croisée des chemins. In G.-L., Baron, & É., Bruillard (Éds.), *Les technologies en éducation. Perspectives de recherche et questions vives* (pp. 95-114). Paris : INRP.
- Charlot, B. (1997). *Du rapport au savoir, éléments pour une théorie*. Paris : Anthropos.
- Charpak, G. et al. (1996). *La main à la pâte. Les sciences à l'école primaire*. Paris : Flammarion.
- Chaumier, S., Casanova, L., & Habib, M.-C. (1995). *Les visiteurs à la Cité des enfants*. Paris : Cité des sciences et de l'industrie. DDRI.
- Chauvin, J., & Eimerl, K. (1984). *Le jeune enfant et le micro-ordinateur*. Paris : La documentation française.
- Chauvin, J., & Eimerl, K. (1986). *Le micro-ordinateur en classe maternelle. Quels apprentissages*. Paris : La documentation française.
- Chevallard, Y. (1985) *La transposition didactique : du savoir savant au savant enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (1991, 2^{de} édition). *La transposition didactique : du savoir savant au savant enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Clements, D.H., & Meredith, J. S. (1993). Research on Logo : effects and efficacy. *Journal of Computing in Childhood Education*, 4 (4), 263-290.
- Clément, P., Abroughi, M., & Ott, V. (1995). Biological Education in genetics: Evolution of the conceptions of children 10 years old after play in a science centre and play or not in a classroom. *Poster présenté au colloque international Science Education Research in Europe - Leeds Conference*, Leeds, avril 1995.

- Cohen, C. (2001). *Quand l'enfant devient visiteur : une nouvelle approche d'un partenariat école/musée*. Paris : L'Harmattan.
- Cohen, R. (Éd.) (1987). *Les jeunes enfants, la découverte de l'écrit et l'ordinateur*. Paris : PUF
- Coiffard, D. (2000). *Musées scientifiques et techniques français et communication sur les réseaux*. Mémoire de DESS Conception et réalisation d'expositions à caractère scientifique. Université Paris 13 – Villetaneuse. Non publié.
- Coquidé-Cantor, M., & Giordan, A. (1997). *L'enseignement scientifique à l'Ecole Maternelle*. Nice : Z'éditions.
- Cordier, C. (1998). *L'espace informatique de la Cité des enfants*. Rapport du Département évaluation et prospective. Cité des sciences et de l'industrie.
- Courtieux, G. (1982). Le musée national des sciences et de l'industrie : un centre de ressources. In A. Giordan, & J.-L. Martinand (Éds.), *L'informatisation dans l'éducation scientifique, 4^{èmes} Journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 77-83). Paris : Université Paris 7.
- Cuisinier, F., Weil-Barais, A., Mouras, J.-P., & Gottesdiener, H. (1997). Construire des instruments d'observation. In A. Weil-Barais (Éd.), *Les méthodes en psychologie*. Paris : Bréal.
- Danis, A., Forgeot, S., & Wallet, V. (2003). Une analyse des interactions mère-enfant dans le cadre d'un jeu symbolique à domicile et au laboratoire : quels contextes ? *Bulletin de Psychologie*, 56 (4), 473-481.
- De Mengin, A. (1993). La recherche d'une typologie de public à la *Cité des sciences et de l'industrie*. *Public et musées*, 3, 47-66.
- De Vries, E. (2001). Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ? *Revue française de pédagogie*, 137, 105-116.
- Delacôte, G. (1997). *Savoir apprendre: les nouvelles méthodes*. Paris : Odile Jacob.
- DeLoache, J.S. (1987). Rapid change in the symbolic functioning of very young children. *Science*, 238, 1556-1557.
- DeLoache, J.S. (1995). Early understanding and use of symbols. *Current Directions in Psychological Science*, 4, 109-113.
- Département Cité des enfants (1989). *Charte Cité des Enfants*. Document soumis au Département Évaluation et Prospective, Cité des Sciences et de l'Industrie. Paris

- Département évaluation et prospective (1999). *Observatoire des Publics : l'exposition 3/5 ans*. Cité des sciences et de l'industrie. Paris.
- Département évaluation et prospective (2005). *Les visiteurs de la Cité des sciences et de l'industrie. Synthèse des études réalisées de 1986 à 2004*. Paris : Cité des sciences et de l'industrie.
- Déribéré, M. (2000). *La couleur*. Paris : PUF.
- Dimitracopoulou, A., Avouris, N., Komis, B., & Feidas, C. (2002). Towards open object-oriented models of collaborative problem solving interaction. In P. Jermann, M. Mühlentrock & A. Soller (Éds.), *Workshop proceedings, "Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction"*, 7 January 2002, 4th Computer Supported Collaborative Learning Conference, Boulder, Colorado, 2002.
- Direction de l'évaluation et de la prospective (2004). *Les dossiers, 157*. Paris : Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.
- Doise, W., Mugny, G., & Perret-Clermont, A.-N. (1975). Social interaction and the development of cognitive operations. *European Journal of Social Psychology, 5 (3)*, 367-383.
- Duchâteau, C. (1994). Faut-il enseigner l'informatique à ses utilisateurs ? *Communication au Quatrième colloque francophone sur la didactique de l'informatique*, Québec, avril 1994.
- Eurydice, le réseau d'information sur l'éducation en Europe (2004). *Chiffres clés des technologies de l'information et de la communication à l'école en Europe*. Bruxelles : Commission Européenne.
Disponible à l'adresse : <http://www.eurydice.org/>
- Fortin-Debart, C. (2004) *Le partenariat école musée pour une éducation relative à l'environnement*. Paris : L'Harmattan.
- François, A. & Weil-Barais, A. (2003). Élaboration des connaissances relatives à un dispositif technique dans un contexte d'interactions parent-enfant. *Bulletin de Psychologie, 56 (4)*, 509-519.
- Froment, N., & Deunff, J. (1996). La petite souris entre à l'école maternelle. *Revue de l'EPI, 82*, 91-107.
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. E. Shaw & J. Bransford (Éds.), *Perceiving, Acting, and Knowing*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

- Giordan, A. (1998a). Repenser le musée à partir de comprendre et d'apprendre. In B. Schiele, & E. Koster (Éds.), *La révolution de la muséologie des sciences : Vers les musées du XXI^e siècle ?* (pp.187-205). Lyon : Presses Universitaires de Lyon.
- Giordan, A. (1998b). *Apprendre !* Paris : Belin.
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris : Belin.
- Girault, Y. (Éd.) (2000). *Prise en compte des intérêts des élèves dans le cadre de l'appropriation des savoirs scientifiques dans les espaces muséaux*. Rapport de recherche. Comité national de coordination de la recherche en éducation.
- Girault, Y. (Éd.) (2003). *L'accueil des publics scolaires dans les muséums : aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques*. Paris : L'Harmattan.
- Goldstein, B. (Éd.) (1994). *Les nouvelles technologies et leurs usages dans les musées, analyse de l'enquête « interactifs et musées »*. Paris : Direction des musées de France.
- Goldstein, B., & Renard, C. (1994). *Les nouvelles technologies et leurs usages dans les musées*. Paris : Direction des musées de France.
- Gott, R. & Duggan, S. (1996). Practical work : its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Social Education*, 18 (7), 791-806.
- Gottesdiener, H. (1993). Les études d'évaluation en France. *Actes des Journées d'étude muséologique* (pp. 1-6). Paris : Cité des sciences et de l'industrie.
- Gottesdiener, H., Mironer, L., & Davallon, J. (1993). France : un développement rapide avec le soutien du public. *Museum international*, 178, 13-19.
- Gouarderès, G., & Joab, M. (Éds.) (1999). *Simulation et formation professionnelle dans l'industrie*. Paris : Hermès Science Publications.
- Greff, É. (1996). *Le jeu de l'enfant robot : une démarche et une réflexion en vue du développement de la pensée algorithmique chez les très jeunes enfants*. Thèse de doctorat, Université Paris 7. Non publié.
- Greff, É. (1999a). En quoi le robot Algor constitue-t-il un objet didactique original ? *Revue de l'EPI*, 93, 127-150.
- Greff, É. (1999b). Portion of virtual and real in early behaviour. In AI-ED'99-Workshop on "Educational robotics", 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education, juillet 1999, Le Mans, pp. 9 à 15.
- Greff, É. (2000). Le corps d'abord ! *Les cahiers pédagogiques*, 386, 65-66.
- Grémy, J.-P. (1989). Simulation. In *Encyclopædia Universalis*, Corpus 21, 30-32.

- Guichard, J. (1987). Modèles et simulation en situation muséologique pour les enfants. In A. Giordan, & J.-L. Martinand (Éds.), *Modèles et simulation, 9^{èmes} Journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 493-498). Paris : Université Paris 7.
- Guichard, J. (1990). *Diagnostic didactique pour la production d'un objet muséologique*. Thèse de doctorat, Université de Genève. Non publié.
- Guichard, J. (1993). La prise en compte du visiteur comme outil de la conception muséologique : un exemple concret, la *Cité des enfants*. *Publics et musées*, 3, 111-135.
- Guichard, J. (1999). Quelques concepts pour structurer une médiatique des sciences. *Actes des premières rencontres de l'ARDiST* (pp. 94-99). Paris : INRP.
- Guichard, J., & Guichard, F. (1997). Des objets muséologiques pour aider à traiter des obstacles en sciences et techniques. *ASTER*, 24, 113-139.
- Guichard, J., Lechaudel, A., & Mangeot, N. (2004). L'expérimentation directe à l'heure du multimédia. *La lettre de l'OCIM*, 91, 4-10.
- Guichard, J., & Lechaudel, A. (2005). Simulations informatiques versus manipulations d'objets pour les apprentissages scientifiques à l'école primaire. *Canadian Journal of science, mathematics and technology education*, 5 (2), 209-222.
- Guichard, J., & Martinand, J.-L. (2000). *Médiatique des sciences*. Paris : PUF.
- Guillet, P., Perron, M., & Pageau, C. (1998). Le défi des nouvelles technologies au musée. Dossier thématique. *La lettre de l'OCIM*, 57, 3-5.
- Hamelin, E. (2003). *Développement et diffusion de la culture scientifique et technique : un enjeu national*. Paris : Ministère de l'éducation nationale, Ministère de la culture et de la communication et Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies.
Disponible à l'adresse : <http://www.recherche.gouv.fr/rapport/hamelin.pdf>
- Harnisch-Dérior, C. (1996). L'informatique dès la maternelle en rural profond. *Revue de l'EPI*, 83, 81-92.
- Harrari, M. (2000). *Informatique et enseignement élémentaire 1975 – 1990. Contribution à l'étude des enjeux et des acteurs*. Thèse de Doctorat, Université Paris 5. Non publié.
- Harris, J. (1995). Organizing and Facilitating Telecollaborative Projects. *The Computing Teacher*, 22 (5), 66-69.
- Henaff, F., & Bastide, A. (1985). *Informaticiens en herbe ou l'informatique en grande section de maternelle*. Meudon : Ecole maternelle Jean de la Fontaine.
- Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Berne : Peter Lang.

- INRP (1982). *Dix ans d'informatique dans l'enseignement secondaire, 1970 - 1980. Recherches pédagogiques, 113*. Paris : Institut national de recherche pédagogique.
- Insee (2005). *Insee Première, 1011*. Paris : Institut national de la statistique et des études économiques.
- Jacobi, D. (1985). Références iconiques et modèles analogiques dans des discours de vulgarisation scientifique. *Informations sur les sciences sociales, 4 (24)*, 847-867.
- Jamet, F. (2002). La construction des représentations des connaissances scientifiques. In D. Legros & J. Crinon (Éds.), *Psychologie des apprentissages et multimédias* (pp. 154-168). Paris : Armand Colin.
- Jantzen, R. (2001). *La culture scientifique et technique en 2001 : constats pour agir demain*. Paris : Ministère de l'éducation nationale & Ministère de la recherche.
- Jonnaert P. (1996). Dévolution versus contre-dévolution. In C. Raïsky, & M. Caillot (Éds.), *Au-delà des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts fédérateurs* (pp.19-35). Bruxelles : De Boeck.
- Jonassen, D. H. (1996). *Handbook of research for educational communications and technology*. New-York: Simon & Schuster Macmillan.
- Johsua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *ASTER, 8*, 29-54.
- Juan, S. (1999). *Méthodes de recherches en sciences sociohumaines : exploration critique des techniques*. Paris : PUF.
- Kerbrat-Orecchioni, C. (1998). *Les interactions verbales*, tome 1. Paris: Armand Colin.
- Klein, Nir-Gal & Darom, (2000). The use of computers in kindergarten, with or without adult mediation; effects on children's cognitive performance and behaviour. *Computers in Human Behavior, 16*, 591-608.
- Labrell, F., Bergonnier-Dupuy, G., & Deleau, M. (1999). Comment analyser les interactions de tutelle parent-enfant dans les premières années ? In M., Gilly, J.P., Roux & A., Trognon, (Éds.), *Apprendre dans l'interaction* (pp. 389-404). Nancy : Presses Universitaires de Nancy.
- Laugier, A., & Dumon, A. (1998) - Enseigner les sciences physiques avec de jeunes élèves. Quelle épistémologie pour quelle démarche ? *Bulletin de l'Union des Physiciens, 806*, 1257-1278.
- Lawler, R. (1985). *Computer experience and cognitive development, a child's learning in a computer culture*. Chichester : Ellis Horwood.

- Le Marec, J. (1991). *Phyto flip ou l'art de faire pousser une plante. Evaluation d'un interactif de l'exposition permanente d'Explora*. Rapport d'étude muséologique. Cité des sciences et de l'industrie.
- Le Marec, J. (1996). *Le visiteur en représentation. L'enjeu des évaluations préalables en muséologie*. Thèse de doctorat, Université de Saint-Etienne. Non publié.
- Le Marec, J., Topalian, R., & Pouts-Lajus, S. (1996). In B., Goldstein (Éd.), *Interactifs. Fonctions et usages dans les musées*. Paris : Direction des musées de France.
- Le Provost, P. (1988). Algor, un robot très "soft". *Bulletin de l'EPI*, 50, 41-46.
- Leaper, C., & Gleason, J. B. (1996). The relationship of play activity and gender to parent and child sex-typed communication. *International Journal of Behavioral Development*, 19, 689-703.
- Lelièvre, C. (2002). *Les politiques scolaires mises en examen : 12 questions en débat*. Paris : ESF.
- Lévy, M. (1984). *Pour un musée des Sciences et de l'Industrie : rapport*. Paris : Cité des sciences et de l'industrie.
- Liben, L. S. & Downs, R. M. (2001). Geography for young children: Maps as tools for learning environments. In S. L., Golbeck (Éd.), *Psychological perspectives on early childhood education* (pp. 220-252). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Linard, M. (1969). Sur quelques problèmes de l'audio-visuel dans l'apprentissage des langues vivantes dans l'enseignement secondaire. *Les Langues Modernes*, 6, 53-57.
- Linard, M. (1996). *Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris : L'Harmattan.
- Lytton, H., & Romney, D.M. (1991). Parents' differential socialization of boys and girls: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 109, 267-296.
- McGillicuddy-de Lisi, A.V. (1988). Sex differences in parental teaching behaviours. *Merrill-Palmer Quarterly*, 34, 147-162.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32 (1), 1-19.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extension of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86 (3), 389-401.

- Mendelsohn, P. (1988) Les activités de programmation chez l'enfant: le point de vue de la psychologie cognitive. *Technique et Science Informatiques*, 7, 47-58.
- Mendelsohn, P. (1990). LOGO : qu'est-ce qui se développe ? *Communication présentée au Colloque Logo et apprentissage*, Fribourg, Suisse.
- Mialaret, G. (1979). Vocabulaire de l'éducation. Paris : PUF.
- Ministère de l'éducation nationale (2002). *Qu'apprend-on à l'école maternelle ? Les nouveaux programmes*. Paris : XO éditions
- Ministère de l'éducation nationale (2005). *Découvrir le monde à l'école maternelle. Le vivant, la matière, les objets*. Paris : CNDP.
- Ministère de la culture et de la communication & Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies (2004). *Plan national pour la diffusion de la culture scientifique et technique. Dossier de presse*. Paris : Ministère de la culture et Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies.
Disponible à l'adresse : <http://www.recherche.gouv.fr/discours/2004/dpsts.pdf>
- Morice, A. (1987). *Intégration d'infrastructures extra-scolaires dans l'apprentissage des sciences et de technologie à l'école primaire : l'Inventorium*. Rapport de recherche soumis au Département évaluation et prospective, Cité des sciences et de l'industrie. Paris.
- Montgomery, K. C. (2000). Children's Media Culture in the New Millennium : Mapping the Digital Landscape. *The Future of Children*, 10 (2), 145-167.
- Mottet, G. (1992). Représentations imagées et traitement des connaissances. Images et connaissances scientifiques à l'école élémentaire. In G.-L. Baron, & V. Glikman (Éds.), *Technologies nouvelles et éducation. Quatre années de résultats de recherches à l'INRP : 1991-1994* (pp. 67-76). Paris : INRP.
- Mottet, G. (1996). Les situations-images. Une approche fonctionnelle de l'imagerie dans les apprentissages scientifiques à l'école élémentaire. *ASTER*, 22, 15-56.
- Noé F. (2003) La prise en compte du jeune public dans les musées de sciences naturelles. In Y. Girault (Éd.). *L'accueil des publics scolaires dans les muséums : aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques* (pp. 227-256). Paris : L'Harmattan.
- Nonnon, P. (1998). Intégration du réel et du virtuel en sciences expérimentales. In F.-M. Blondel, & M. Schwob (Éds.), *Actes des Huitièmes Journées informatique et pédagogie des sciences physiques* (Montpellier, 12-14 mars 1998) (pp. 133-138). Paris : INRP.
- Norman, D. A. (1999). Affordances, Conventions and Design, *Interactions*, 6 (3), 38-42.

- Paivio, A. (1986). *Mental representations : A dual coding coding approach*. Oxford (En): Oxford University Press.
- Pape-Carpantier, M. (1849). *L'enseignement pratique dans les écoles maternelles ou premières leçons à donner aux petits enfants*. Paris : Hachette.
- Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'Esprit*. Paris : Flammarion.
- Pascaud, S., & Modard, D. (1986). La tortue de sol. Une tortue, une école-chat, des enfants.... *Bulletin de l'EPI*, 41, 99-111.
- Passig, D., & Levin, H. (1999). Gender interest differences with multimedia learning interfaces. *Computers in Human Behavior*, 15, 173-183.
- Pastré, P. (Éd.) (2005). *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse : Octares Editions.
- Pea R.D. & Kurland D.M. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming. *New Ideas in Psychology*, 2 (2), 137-168.
- Peraya, D. (1995). Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles. *Recherches en communication*, 4, 1-38.
- Perriault, J. (2002). *Éducation et nouvelles technologies. Théorie et pratiques*. Paris : Nicolas.
- Perriault, J. (Éd.) (1981). *Pratique de l'informatique par l'enfant. Recherches Pédagogiques*, 111. Paris : INRP.
- Piani, J., & Weil-Barais, A. (1998). Comment les parents accompagnent-ils leurs enfants dans la découverte des sciences et des techniques dans un musée ? In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 251-267). Berne : Peter Lang
- Piaget, J. (1964). *Six études de psychologie*. Paris : Denoël.
- Piaget, J. (1967). *La psychologie et l'intelligence*. Paris : Armand Colin.
- Pierre, J., & Guilloux, V. (1998). *Les usages du multimédia interactif dans les lieux culturels*. Les travaux du département des études et de la prospective. Paris : Ministère de la culture et de la communication.
- Pillot, J., & Pillot, C. (1984). L'ordinateur à l'école maternelle. Paris : Armand Colin-Bourrelier.
- Pillot, J. (1985). Informatique et pédagogie à l'école maternelle, compte rendu du colloque de Bron, 13 novembre 1985. Paris : Ministère de l'éducation nationale.

- Pillot, J. (1991). *Informatique et premiers apprentissages*. Thèse de Doctorat, Université Paris 5. Non publié.
- Plowman, L. & Stephen, C. (2003). A "benign addition" ? Research on ICT and pre-school children. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 149-164.
- Plowman, L. & Stephen, C. (2006). Technologies and learning in pre-school education. Paper presented at AERA annual meeting, *Education Research in the Public Interest*, April 2006, San Francisco, CA.
- Porchet, M. (2002). *Les jeunes et les études scientifiques : les raisons de la « désaffection », un plan d'action*. Paris : Ministère de l'éducation nationale.
Disponible à l'adresse : <http://www.education.gouv.fr/rapport/porchet.pdf>
- Priniotakis, T. (1995). Des nouvelles technologies pour l'école maternelle. *Revue de l'EPI*, 79, 69-79.
- Priniotakis, T., & Courtois, S. (1998). L'usage de l'informatique à l'école maternelle : première étude exploratoire. *Revue de l'EPI*, 92, 129-137.
- Prost, R. (1984). *La place des nouvelles technologies au musée de la Villette*. Les études du musée n°12.
- Rabardel, P. & Vérillon, P. (1985). Relation aux objets et développement cognitif. In A. Giordan, & J.-L. Martinand (Éds.), *Communication, éducation et culture scientifiques et industrielles. Actes des 7^{èmes} Journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 395-399). Paris : Université Paris 7.
- Rabardel, P. (1993). Micro-genèse et fonctionnalité des représentations dans une activité avec instrument. In A. Weil-Fassina, P. Rabardel & D. Dubois (Éds.), *Représentations pour l'action* (pp. 113-117). Toulouse : Octares.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approches cognitives des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Renard, C. (1994). Panorama des interactifs dans les musées. In B. Goldstein (Éd.), *Les nouvelles technologies et leurs usages dans les musées, analyse de l'enquête « interactifs et musées »*. Paris : Direction des musées de France.
- Rézeau, J. (2001). *Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multi-média. Le cas de l'apprentissage de l'anglais en Histoire de l'art à l'Université*. Thèse de doctorat, Université Bordeaux II. Non publié.
- Richaudeau, F. (1981). *Conception et production des manuels scolaires*. Paris : Retz/Unesco.

- Romano, S. (1999). *L'espace 3-5 ans de la Cité des enfants : comportements de visite et points de vue d'un échantillon d'enfants et de leur parents sur les unités d'exposition*. Rapport de recherche soumis au Département Évaluation et prospective, Cité des sciences et de l'industrie. Paris.
- Rosaz, J.-P. (1995). L'ordinateur un outil pour la maternelle. *Revue de l'EPI*, 77, 119-129.
- Royon, C., Hardy, M., & Chrétiennot, C. (1999). Quatre jeudis à la Villette. Construire en partenariat une pédagogie de la réussite. *ASTER*, 29, 171-202.
- Samuels-Pitzini, A., & Cauzinille-Marmeche, E. (1996). *Interactivité et interactions humaines : quelles interventions à quel moment ?* Rapport de recherche soumis au Département Évaluation et prospective, Cité des sciences et de l'industrie. Paris.
- Santolini, A., Danis, A., & Tijus, C. (2003). Tuteurs naïfs et tuteurs experts : le comportement éducatif des parents et des éducateurs de jeunes enfants en crèche parentale. *Bulletin de Psychologie*, 56 (4), 521-530.
- Schiele, B. (1997). Les musées scientifiques, tendances actuelles. In A. Giordan (Éd.), *Musées et médias : pour une culture scientifique et technique des citoyens / actes des Rencontres culturelles de Genève 1996*. Genève : Georg éditeur.
- Serres, M., & Farouki, N. (Éds.) (1997). *Le Trésor, dictionnaire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Siegal, M. (1987). Are sons and daughters treated more differently by fathers than by mothers? *Development Review*, 7, 183-209.
- Siegler, R. S. (2000). *Enfant et raisonnement. Le développement cognitif de l'enfant*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Sigel, I. E. (1970). The distancing hypothesis : A causal hypothesis for the acquisition of representational thought. In M.R., Jones (Éd.), *Miami symposium on the prediction of behavior, 1968 : effects of early experience* (pp. 99-118). Coral Gables, FL : University of Miami Press.
- Siraj-Blatchford, J., & Siraj-Blatchford, I. (2004). KidSmart Early Learning Programme European Evaluation.
Disponible à l'adresse : <http://www.ibm.com/ibm/ibmgives/reports/>
- Smyrniou, Z. (2003). *Modélisation : L'apport des logiciels éducatifs*. Thèse de doctorat, Université Paris 5. Non publié.
- Smyrniou, Z., Ferret, S., & Weil-Barais, A. (2003). L'enseignement scientifique ne peut-il être que virtuel ? *Actes du colloque "Les technologies de l'information et de la commu-*

nication : mutations dans la formation scientifique universitaire" organisé par la CIR-CUISEF (Dakar, 17-21 mars 2003),

Disponible à l'adresse : <http://www.dmi.usherb.ca/ciruisef/Dakar2003>.

Stréri, A. (1999). In A. Weil-Barais (Éd.), *L'homme cognitif*. Paris : PUF.

Studart, D. (1999). *Compte rendu raisonné basé dans des observations menées à la Cité des enfants 3/5 ans sur l'utilisation des activités par les enfants avec leur famille ou en groupe*. Rapport du Département évaluation et prospective. Cité des sciences et de l'industrie.

Subrahmanyam, K., Kraut, R. E., Greenfield, P.M., & Gross, E. F. (2000). The Impact of home computer use on children's activities and development. *The Future of Children*, 10 (2), 123-144.

Tamis-LeMonda, C., & Bornstein, M. (1991). Individual variation, correspondance, stability, and change in mother and toddler play. *Infant Behavior and Development*, 14, 143-162.

Teodoro, V. D. (1990). L'ordinateur, un outil d'exploration par la simulation. In R., Lewis (Éd.) 45^e séminaire du Conseil de l'Europe pour enseignants : « L'impact des nouvelles technologies dans l'enseignement des sciences », Donaueschingen, 9-14 octobre 1989, pp. 13-21.

Teodoro, V. D. (1991). Logiciels pour explorer des objets concrets-abstraites ou la compréhension et l'explication comme processus de "familiarisation" avec les objets conceptuels. In M.-G. Séré & A. Weil-Barais (Éds.), *Actes du colloque - L'explication dans l'enseignement et l'E.I.A.O* (pp. 149-155). Paris : Editions Paris Onze édition.

Van-Praët, M. (1988). De la galerie de zoologie à la galerie de l'évolution, vers un musée du quatrième type. In A. Giordan, & J.-L. Martinand (Éds.), *Communication, éducation et culture scientifiques et industrielles. Actes des 10^{èmes} Journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 395-399). Paris : Université Paris 7.

Vergnaud, G. (1983). *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Berne: Peter Lang.

Vergnaud, G. (1987). Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. In J. Piaget, P. Mounoud & J.-P. Bronckart (Éds.), *Psychologie*, Encyclopédie de la Pléiade. (pp. 821-844). Paris : Gallimard.

Vivet, M. (2000). Des robots pour apprendre. In É. Bruillard, & M. Grandbastien (Éds.), *Sciences et techniques éducatives*, 7 (1), 17-60.

- Vivet, M. (1991). L'explication scientifique dans le cadre muséologique. In M.-G. Séré & A. Weil-Barais (Éds.), *Actes du colloque - L'explication dans l'enseignement et l'E.I.A.O* (pp. 149-155). Paris : Editions Paris Onze édition.
- Vygotski, L. (1997 édition française/1934 édition originale). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.
- Wartella, E. A., & Jennings, N. (2000). Children and computers: new technology – old concerns. *The future of Children, 10 (2)*, 31-43.
- Weil-Barais, A., & Piani, J. (1993). *Les échanges adultes-enfants à la Cité des enfants*. Rapport de recherche soumis au Département évaluation et prospective, Cité des sciences et de l'industrie. Paris.
- Weil-Barais, A., & Piani J. (1995). *Les conditions de coéducation pour des visiteurs ne venant pas spontanément à la Cité des Enfants*. Rapport de recherche soumis au Département évaluation et prospective, Cité des sciences et de l'industrie. Paris.
- Weil-Barais, A. (Éd.) (1999). *L'homme cognitif*. Paris : PUF.
- Weil-Barais, A. (2004). L'initiation scientifique. In A. Weil-Barais (Éd.), *Les apprentissages scolaires* (pp. 179-217). Rosny-sous-Bois : Bréal.
- Winskykamen, F. (1998). Approche psychologique de la tutelle. In A. Dumas Carré, & A. Weil-Barais (Éds.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 29-58). Berne : Peter Lang.
- Zana, B. (1985). *L'enfant et la couleur. Comment aider les jeunes enfants (5 à 11 ans) à mieux comprendre le phénomène couleur ?* Mémoire de DEA. Non publié.

Index des illustrations

Index des figures

Figure 3-1. Modèle de situation d'interaction dans l'exposition (Guichard, 1998)	77
Figure 3-2. Le triangle pédagogique (Houssaye, 1988).....	77
Figure 3-3. Modèle SAI (Rabardel, 1995 ; d'après Rabardel & Vérillon, 1985)	80
Figure 3-4. Le <i>carré pédagogique</i> , modèle simplifié (Rézeau, 2001, p. 201)	82
Figure 3-5. Modèle de la situation médiatique : le <i>carré médiatique</i>	84
Figure 3-6. Carré médiatique complet (exemple 1).....	87
Figure 3-7. Carré médiatique tronqué (exemple 2)	88
Figure 3-8. Carré médiatique tronqué (exemple 3)	88
Figure 3-9. Carré médiatique tronqué (exemple 4)	89
Figure 3-10. Carré médiatique tronqué (exemple 5)	90
Figure 4-1. Élément d'exposition « dessine avec ton doigt », <i>Csi</i>	96
Figure 4-2. Capture d'écran du jeu « dessine avec ton doigt », <i>Csi</i>	97
Figure 4-3. Capture d'écran du jeu « dessine avec ton doigt », <i>Csi</i>	97
Figure 4-4. Décomposition du spectre de la lumière blanche	101
Figure 4-5. Synthèse additive des couleurs	102
Figure 4-6. Synthèse soustractive des couleurs	103
Figure 4-7. Test n°3 d'association des couleurs	107
Figure 5-1. Plan d'observation (première étude).....	115
Figure 5-2. <i>Fiche-outil</i> complète	124
Figure 5-3. Fiche-parcours individuelle (Charlotte (2), 4a2m)	127
Figure 5-4. Fiche-parcours individuelle (Lucas (12), 4a6m).....	128
Figure 5-5. Fiche-parcours individuelle (Justine (6), 3a4m).....	129
Figure 5-6. Fiche-parcours individuelle (Kevin (8), 4a2m)	130
Figure 5-7. Fiche-parcours individuelle (Dan (4), 4a3m).....	131
Figure 5-8. Fiche-parcours synthétique.....	133
Figure 5-9. Résultat par enfant en fonction du nombre de relances effectuées	134
Figure 6-1. Plan d'observation (seconde étude)	142
Figure 6-2. Âge des cinq enfants ayant réussi le pré-test.....	147
Figure 6-3. Type d'usage réalisé avec ordinateur à la maison	149
Figure 6-4. Type d'usage réalisé avec ordinateur à l'école.....	150
Figure 6-5. Répartition des enfants retenus pour l'étude, selon l'âge et le genre	153
Figure 6-6. Dessin à compléter et son modèle	155
Figure 6-7. Interface modifiée du logiciel « dessine avec ton doigt », <i>Csi</i>	157
Figure 6-8. Résultats des enfants selon l'âge et le statut du tuteur	161

Figure 6-9. Résultats des onze garçons de l'échantillon.....	162
Figure 6-10. Résultats des quatre filles de l'échantillon.....	163
Figure 7-1. Diagrammes des interactions dyadiques du groupe "parents".....	204
Figure 7-2. Diagramme de l'interactions dyadique n°7 du groupe "médiateur".....	205
Figure 7-3. Caractérisation individuelle des interactions dyadiques.....	207
Figure 7-4. Proportion des échanges selon leur contenu informationnel.....	210
Figure 7-5. Proportion des manipulations selon leur auteur, parent et/ou enfant.....	213
Figure 7-6. Evaluation par les parents de leur conduite vis-à-vis des enfants.....	215
Figure 7-7. Proportion des échanges selon leur caractère discursif et/ou manipulateur.....	217

Index des tableaux

Tableau 3-1. Impacts recherchés pour les dispositifs médiatiques. (d'après Guichard, 1990).	68
Tableau 3-2. Exemples d'outils d'estimation de l'impact médiatique (d'après Guichard, 1990)	69
Tableau 4-1. Tests de connaissance des couleurs.....	107
Tableau 5-1. Répartition des enfants interviewés par tranche d'âge d'une année.....	115
Tableau 5-2. Répartition des enfants dont les résultats ont été analysés.....	126
Tableau 5-3. Répartition des enfants selon le nombre de relances effectuées.....	135
Tableau 6-1. Récapitulatif des activités proposées aux enfants et aux parents.....	143
Tableau 6-2. Répartition des enfants interviewés par tranche d'âge.....	144
Tableau 6-3. Répartition des enfants retenus pour l'étude.....	148
Tableau 6-4. Volume horaire d'utilisation d'un ordinateur par semaine à la maison.....	149
Tableau 6-5. Type d'usage réalisé avec ordinateur à la maison.....	149
Tableau 6-6. Volume horaire d'utilisation d'un ordinateur par semaine à l'école.....	150
Tableau 6-7. Type d'usage réalisé avec ordinateur à l'école.....	150
Tableau 6-8. Volume horaire de pratique des jeux vidéo par semaine.....	151
Tableau 6-9. Volume horaire de télévionnage par semaine.....	151
Tableau 6-10. Protocole suivi durant l'entretien post-test.....	158
Tableau 6-11. Résultats des enfants rangés par âge.....	159
Tableau 6-12. Temps moyen de l'activité selon les résultats des enfants.....	163
Tableau 6-13. Temps moyen de l'activité selon le statut du tuteur.....	164
Tableau 6-14. Poids relatif des critères retenus sur les résultats des enfants.....	165
Tableau 6-15. Extraits d'échanges parents/enfants durant l'activité.....	171
Tableau 6-16. Extraits d'échanges expérimentateur/enfants durant le post-test.....	173
Tableau 7-1. Extrait de transcription du corpus (dyade n°2).....	179
Tableau 7-2. Caractéristiques des configurations du <i>carré médiatique</i>	180
Tableau 7-3. Répartition des catégories d'échange selon la nature de la relation et les partenaires impliqués.....	181
Tableau 7-4. Caractérisation des séquences selon les termes du carré médiatique.....	187

Tableau 7-5. Exemples de codages.....	198
Tableau 7-6. Contenu informationnel des échanges par dyade (en pourcentage).....	209
Tableau 7-7. Auteur des manipulations au sein de chaque dyade (en pourcentage)	212
Tableau 7-8. Evaluation par les parents de leur conduite vis-à-vis de leur enfant	214
Tableau 7-9. Caractère des échanges au sein de chaque dyade (en pourcentage).....	216
Tableau 7-10. Poids relatif des facteurs retenus sur les résultats des enfants.....	220

Index des encadrés

Encadré 1-1. Extrait n°1 du dossier "TICE et sciences" du site <i>Educnet</i>	36
Encadré 1-2. Extrait n°2 du dossier "TICE et sciences" du site <i>Educnet</i>	37
Encadré 4-1. Extrait du "Parcours parents" concernant « dessine avec ton doigt ».....	98
Encadré 6-1. Consigne donnée aux parents avant l'activité	156
Encadré 7-1. Les rangs de l'interaction, d'après Kerbrat-Orecchioni (1998, p. 213).....	177

Index des auteurs

- Abroughi, 65, 233, 236
AFNEUS, 15, 233
Ailincal, 74, 75, 154, 160, 177, 215, 226, 233
Allard, 65, 233
Allari, 26, 233
Astolfi, 52, 104, 233
Avouris, 238
Bachelard, 50, 233
Barchechath, 67, 85, 234
Baron, 16, 23, 31, 47, 234, 236, 243
Baron, M., 46, 234
Bastide, 26
Beau De Moulin, 234
Beaufils, 48, 49, 234
Bergonnier-Dupuy, 224, 241
Bernard, 1, 3, 126, 235
Bernier, 39, 227, 235
Bert, 104, 235
Bertaux, 120, 235
Bertrand, 31, 235
Blandin, 15, 235
Blaye, 53, 236
Bliss, 223, 235
Bodur, 56, 235
Bontoux, 53, 236
Bornstein, 224, 247
Bossuet, 25, 27, 235
Boule, 27, 235
Bruillard, 5, 16, 23, 31, 78, 82, 234, 235, 236, 247
Bruner, 61, 63, 70, 72, 73, 90, 116, 153, 222, 235
Caillot, 1, 3, 5, 51, 236, 241
Cannard, 53, 236
Caro, 63, 236
Casanova, 65, 74, 75, 109, 236
Cauzinille-Marmeche, 246
Chabot, 236
Chaptal, 32, 236
Charlot, 66, 236
Charpak, 36, 236
Chaumier, 65, 74, 75, 109, 236
Chauvin, 28, 236
Chevallard, 67, 236
Chrétiennot, 246
Clément, 65, 233, 236
Clements, 28, 236
Cohen, C., 65, 237
Cohen, R., 28, 29, 237
Coiffard, 42, 237
Coquidé-Cantor, 65, 237
Cordier, 42, 98, 237
Courtieux, 41, 237
Courtois, 245
Cuisinier, 125, 237
Danis, 225, 237, 246
Darom, 34, 71, 109, 241
Davallon, 239
De Mengin, 109, 237
De Vries, 228, 237
Delacôte, 62, 63, 65, 237
Deleau, 224, 241
DeLoache, 54, 55, 58, 137, 237
Département Cité des enfants, 64, 237
Département évaluation et prospective, 41, 42, 75, 109, 151, 237, 238
Dérivé, 102, 238
Deunff, 31, 238
Dimitracopoulou, 223, 238
Direction de l'évaluation et de la prospective, 32, 238
Doise, 63, 238
Downs, 242
Dubois, 245
Duchâteau, 78, 238
Duggan, 53, 239
Dumas Carré, 244, 248
Dumon, 104, 241
Durey, 47, 48, 234
Eimerl, 236

Eurydice, 32, 238
 Farouki, 246
 Feidas, 238
 Ferret, 56, 246
 Forgeot, 225, 237
 Fortin-Debart, 65, 238
 François, 177, 213, 238
 Froment, 31, 238
 Gibson, 228, 238
 Gilly, 241
 Giordan, 63, 65, 66, 104, 234, 237, 239, 240, 245, 246, 247
 Girault, 65, 239, 243
 Gleason, 144, 242
 Goldstein, 24, 39, 227, 235, 239, 242, 245
 Gott, 53, 239
 Gottesdiener, 5, 15, 237, 239
 Gouardères, 45, 239
 Grandbastien, 247
 Greenfield, 35, 247
 Greff, 26, 57, 58, 239
 Grémy, 46, 49, 239
 Gross, 247
 Guichard, 5, 16, 41, 56, 57, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 74, 77, 78, 79, 81, 109, 235, 240
 Guichard, F., 65, 240
 Guilloux, 39, 244
 Habib, 65, 74, 75, 109, 236
 Hamelin, 15, 240
 Hardy, 246
 Harnisch-Dérior, 31, 240
 Harrari, 78, 240
 Harris, 35, 240
 Hebenstreit, 47, 49
 Henaff, 26, 240
 Houssaye, 77, 81, 240
 INRP, 47, 241
 Insee, 151, 241
 Jacobi, 53, 241
 Jamet, 52, 53, 100, 241
 Jantzen, 15, 241
 Jennings, 35, 248
 Jermann, 238
 Joab, 45, 239
 Johsua, 53, 241
 Jonassen, 70, 241
 Jonnaert, 65, 241
 Journaux, 234
 Juan, 125, 241
 Kerbrat-Orecchioni, 176, 177, 241
 Klein, 34, 71, 109, 241
 Komis, 238
 Kraut, 35, 247
 Kurland, 30, 244
 Labrell, 224, 241
 Larouche, 65, 233
 Laugier, 104, 241
 Lawler, 26, 241
 Le Marec, 41, 42, 223, 228, 242
 Le Provost, 242
 Leaper, 144, 242
 Lechaudel, 56, 57, 240
 Lefebvre, 65, 233
 Lelièvre, 24, 242
 Levin, 244
 Lévy, 31, 41, 62, 234, 242
 Liben, 54, 242
 Linard, 17, 27, 54, 61, 70, 72, 242
 Lytton, 144, 242
 Mangeot, 56, 240
 Martinand, 16, 65, 99, 234, 237, 240, 242, 245, 247
 Mayer, 229, 242
 McGillicuddy-de Lisi, 144, 242
 Mendelsohn, 30, 243
 Meredith, 28, 236
 Meunier, 233
 Mialaret, 46, 243
 Ministère de l'éducation nationale, 35, 104, 105, 243
 Ministère de la culture et de la communication & Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies, 15, 243
 Minsky, 25
 Mironer, 239
 Modard, 26, 244

- Montgomery, 35, 243
Morice, 74, 243
Mottet, 54, 243
Mouras, 237
Mühlenbrock, 238
Nir-Gal, 34, 71, 109, 241
Noé, 65, 243
Nonnon, 56, 243
Norman, 228, 243
Ott, 236
Paivio, 229, 244
Pape-Carpantier, 104, 244
Papert, 25, 26, 70, 244
Pascaud, 26, 244
Passig, 109, 244
Pastré, 45, 244
Pea, 27, 30, 244
Peraya, 53, 230, 244
Perriault, 17, 18, 26, 53, 244
Peterfalvi, 233
Piaget, 25, 27, 63, 80, 138, 244, 247
Piani, 74, 75, 154, 160, 177, 244, 248
Pierre, 39, 244
Pillot, C., 29, 244
Pillot, J., 27, 28, 29, 244, 245
Plowman, 34, 72, 109, 245
Porchet, 15, 245
Pouts-Lajus, 67, 85, 234, 242
Priniotakis, 31, 245
Prost, 41, 245
Rabardel, 19, 52, 61, 62, 78, 79, 80, 81, 83, 85,
91, 99, 157, 245
Renar, 15, 235
Renard, 24, 39, 239, 245
Rézeau, 81, 82, 83, 84, 85, 245
Richaudeau, 53, 245
Romano, 76, 246
Romney, 144, 242
Rosaz, 31, 246
Roux, 241
Royon, 65, 246
Samuels-Pitzini, 75, 246
Santolini, 225, 246
Schiele, 63, 239, 246
Séré, 247, 248
Serres, 46, 246
Siegal, 144, 246
Siegler, 55, 246
Sigel, 225, 246
Sims, 229, 242
Siraj-Blatchford, I., 33, 246
Siraj-Blatchford, J., 33, 246
Smyrniou, 56, 246
Soller, 238
Stephen, 34, 72, 109, 245
Stréri, 247
Studart, 42, 98, 247
Subrahmanyam, 35, 247
Tamis-LeMonda, 224, 247
Teodoro, 49, 50, 116, 247
Tijus, 225, 246
Topalian, 242
Tribollet, 105
Trognon, 241
Vadeboncoeur, 233
Van-Praët, 40, 247
Vergnaud, 51, 113, 114, 136, 222, 247
Vérillon, 78, 80, 245
Vérin, 233
Vivet, 53, 56, 65, 247, 248
Vygotski, 51, 61, 63, 72, 73, 90, 114, 222, 248
Wallet, 225, 237
Wartella, 35, 248
Weil-Barais, 1, 3, 5, 51, 52, 56, 74, 75, 99, 114,
119, 154, 160, 177, 213, 215, 233, 237, 238,
244, 246, 247, 248
Weil-Fassina, 245
Winnykamen, 74, 248
Zana, 100, 105, 248

L'IMPACT COGNITIF DES DISPOSITIFS MÉDIATIQUES SUR LES ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE EN SITUATION D'APPRENTISSAGE AVEC UN ADULTE. Étude d'un cas de simulateur informatique dans le contexte d'une exposition scientifique.

La recherche s'intéresse à l'apport au plan cognitif des dispositifs médiatiques présentés dans les expositions scientifiques interactives pour jeunes enfants, dans différents contextes d'accompagnement. Deux études ont été réalisées successivement dans l'exposition des 3/5 ans de la *Cité des enfants* à la *Cité des sciences et de l'industrie* (Paris), à propos d'un simulateur informatique proposant de réaliser des mélanges de peintures. Quarante-cinq enfants âgés de moins de six ans, ont été observés : vingt sous la conduite d'un tuteur expert, puis vingt-cinq sous la conduite d'un de leur parent. Afin de caractériser les interactions dyadiques en cours d'activité, nous avons eu recours à un modèle : le *carré médiatique*. Il ressort de l'analyse des interactions adulte-enfant que la tutelle exercée n'a d'impact qu'à partir d'un certain âge relatif au domaine de connaissances considéré, et apparaît essentiellement liée au contenu informationnel des échanges. Par ailleurs, l'activité de simulation semble avoir principalement fonction d'exercice formel pour l'enfant. L'impact de l'utilisation des dispositifs de type simulation, présentés dans les expositions scientifiques, serait donc subordonné à l'expérience préalable de l'enfant, mais aussi à la qualité de la tutelle déployée par l'adulte accompagnateur. Ce dernier point pose la question de l'aide à la conceptualisation, sur le plan du discours, mais aussi à l'utilisation, sur le plan manipulateur.

Mots-clés : logiciel de simulation, synthèse des couleurs, enfant d'âge préscolaire, exposition scientifique, apprentissage, interaction parent/enfant, *carré médiatique*.

THE COGNITIVE IMPACT OF MEDIA DEVICES ON PRESCHOOL CHILDREN IN LEARNING SITUATIONS WITH AN ADULT. A case study of a computer simulation in the context of a scientific exhibition.

This research is focused on the cognitive contribution of media devices which are displayed in interactive scientific exhibitions for young children, in different contexts of accompaniment of the children. Two studies, based on a computer simulator allowing mixtures of paints, were conducted successively within the "3-5 years old" exhibition of the *Cité des enfants* ("Children's corner") in the *Cité des sciences et de l'industrie* (Paris). Forty five children less than six years old were observed: twenty under the control of the same expert tutor, then twenty five under the control of one of their parents. To characterise interactions in the course of activity, a specific model was developed: the *media square*. Analysis of the parent/child interactions showed that such tutoring has an impact only from a definite age, relating to the considered field of knowledge, and seems essentially connected to the informative contents of exchanges. In addition, the simulation activity seems to have mainly the function of a formal exercise for the child. The impact of the use of simulation type devices, displayed in scientific exhibitions, thus depends on the previous experience of the child, but also on the tutoring quality of the adult accompanying the child during use of the simulation. This last point raises the question of the adult's help in the child's conceptualisation, from the point of view of discourse, but also in the use, on the level of manipulation.

Key-words: simulation software, colour synthesis, preschool child, scientific exhibition, learning, parent/child interaction, *media square*.