



HAL
open science

Initiation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant

Marcela Resta-Schweitzer

► **To cite this version:**

Marcela Resta-Schweitzer. Initiation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. Psychologie. Université d'Angers, 2011. Français. NNT: . tel-00593504

HAL Id: tel-00593504

<https://theses.hal.science/tel-00593504v1>

Submitted on 16 May 2011

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.

Initiation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant

Thèse de Doctorat Label européen

Spécialité : Psychologie

ÉCOLE DOCTORALE : Cognition,  ducation, Interaction

Présentée et soutenue publiquement

le : 16 novembre 2010

  : Angers

par : **Marcela RESTA-SCHWEITZER**

Devant le jury ci-dessous :

Joël LEBEAUME (rapporteur), Professeur en Sciences de l' ducation, Université Paris V

Eduardo MARTI (rapporteur), Professeur en Psychologie, Université de Barcelone

Konstantinos RAVANIS (examinateur), Professeur en Sciences de l' ducation, Université de Patras

Constantin XYPAS (président du jury), Professeur en Sciences de l' ducation, Université Catholique de l'Ouest

Gérard VERGNAUD (examinateur), Directeur de Recherche CNRS, Université Paris VIII

Directrice de thèse :

Annick WEIL-BARAIS, Professeur en Psychologie, Université d'Angers

Laboratoire de Psychologie « Processus de Pensée et Interventions », UPRES EA 2646
MSH, 5bis Bd Lavoisier – 49045 Angers Cedex 01.

ED N  : 504

Présentation du contenu des CD-ROM destinés aux membres du jury

- CD-ROM : Référentiel École Maternelle à propos du phénomène physique de la formation des ombres

Population

Dossiers des enfants PSM

Tableau des données PSM, catégories d'appartenance des enfants selon les registres : verbal et graphique

Dossiers des enfants MSM

Tableau des données MSM, catégories d'appartenance des enfants selon les registres : verbal et graphique

Dossiers des enfants GSM

Tableau des données GSM, catégories d'appartenance des enfants selon les registres : verbal et graphique

- CD-ROM : Référentiel École Primaire à propos du phénomène physique de la formation des ombres

Population

Dossiers des enfants CP

Tableau des données CP, catégories d'appartenance des enfants selon les registres : verbal, graphique et pragmatique

Dossiers des enfants CE1

Tableau des données CE1, catégories d'appartenance des enfants selon les registres : verbal, graphique et pragmatique

Dossiers des enfants CE2

Tableau des données CE2, catégories d'appartenance des enfants selon les registres :
verbal, graphique et pragmatique

Dossiers des enfants CM1

Tableau des données CM1, catégories d'appartenance des enfants selon les registres :
verbal, graphique et pragmatique

Dossiers des enfants CM2

Tableau des données CM2, catégories d'appartenance des enfants selon les registres
verbal, graphique et pragmatique

**- CD-ROM : Séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène physique
de la formation des ombres**

Population

Dossiers des enfants

Recueil des données et catégorisation dans la modalité verbale

Recueil des données et catégorisation dans la modalité graphique

**- CD-ROM : Séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène physico-
chimique de la fabrication du beurre**

Population

Dossiers des enfants

Recueil des données et catégorisation dans la modalité verbale

Recueil des données et catégorisation dans la modalité graphique

« Bienveillance du regard porté sur l'enfant qui apprend, regard qui autorise, qui protège, qui soutient. Le regard d'un adulte capable d'interpréter les signes émis par le petit et de leur donner une intelligibilité. L'évolution favorable des processus d'appropriation dépend en effet de la capacité de l'entourage de l'enfant de repérer l'émergence de ces processus, de favoriser leur maturation et, toujours, de reconnaître à l'enfant une vie psychique, une activité interne. C'est parce qu'on lui prête des pouvoirs que l'enfant les développe. »

Viviane Bouysse, Inspectrice Générale de l'Éducation Nationale. Synthèse du Congrès AGIEM 2006

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de thèse, le Professeur **Annick Weil-Barais** pour m'avoir fait confiance lors de notre première rencontre, il y a quelques années place de la Sorbonne. Merci de m'avoir guidée, encouragée, conseillée, merci pour son exigence intellectuelle, pour l'hospitalité dont elle a fait preuve envers moi ainsi que son époux **Jean Weil**, lors des séjours inoubliables au Moulin de la Barbée, un havre de paix qui invite à la réflexion et au ressourcement.

Je remercie **les autorités de la Région Pays de la Loire** pour le soutien financier apporté à cette thèse dans le cadre du programme régional de recherche OuForEP (Outils pour la Formation, l'Education et la Prévention).

Je remercie les rapporteurs de cette thèse **Eduardo Marti** et **Joël Lebeaume** pour l'intérêt porté à mon travail. Merci également aux autres membres du jury, **Konstantinos Ravanis**, **Constantin Xypas** et **Gérard Vergnaud** qui ont accepté de juger ce travail.

Cette thèse n'a pu être réalisée qu'avec la collaboration des nombreuses personnes. Je pense ici en particulier à **Olivier Villeret**, mon collègue et ami, merci pour nos fréquentes discussions sur de nombreux sujets, pour son implication dans mes travaux, pour sa manière bien à lui de pousser continuellement à la remise en question. Tu as représenté pour moi une aide précieuse.

Mes amies **Elisabeth Tréssalet**, **Christelle Delaplace**, **Florence Lacroix**, **Laëtitia Boulc'h** et **Alexandre Wallner** qui m'ont soutenue constamment et ont relu attentivement tout ou partie de ce manuscrit. Merci du temps qu'ils ont consacré à redonner un peu de rigueur à ma plume qui a tendance quelques fois à déraiper...

Je remercie tous les acteurs impliqués dans les différentes études : **les inspecteurs, les directeurs des écoles, les enseignants, les enfants et parents** ; sans eux, rien n'aurait pu être possible.

Je tiens aussi à mentionner le plaisir que j'ai eu à travailler au sein du Laboratoire de Psychologie « Processus de Pensée et Interventions » de l'Université d'Angers et j'en remercie ici tous les **membres de l'axe 1 « Développement des compétences et apprentissage »**.

Une pensée émue pour tous mes collègues **Alexandra Walner, Ljubisha Placé, Laetitia Boulc'h, Sua Helal, Florence Lacroix** avec qui j'ai partagé une salle, un café, un repas, pendant ces années.

Il est possible que j'oublie injustement certaines personnes ; c'est pourquoi j'exprime mes remerciements à toutes celles et à tous ceux que j'ai été amenée à rencontrer lors de cette thèse, et qui ont contribué au bon déroulement de celle-ci.

Vous permettrez que j'exprime mes sentiments vis-à-vis des gens formant partie de mon cercle familial d'ici et d'ailleurs, de l'autre côté de l'Atlantique ainsi que ceux qui sont au-delà de la vie.

A Juan et Irma Anselmi, mes grands-parents tant aimés : deux étoiles qui ont illuminé et illuminent le chemin de ma vie. La non-présence physique ne signifie pas absence, vous vivez en moi pour toujours.

A César Resta, mon père : tu es parti trop tôt et le jour tant attendu est arrivé. Bien que tu ne puisses pas être à mes côtés, je veux te dire, papa, qu'aujourd'hui, plus que jamais, je sens ta présence.

A ma mère, Noemi Anselmi de Resta, à mon frère Julio, à ma tante Maria Esther, à mon neveu Braian, ils sont mon présent et mon avenir, merci pour leur irremplaçable et inconditionnel soutien. Ils ont été présents pour écarter les doutes, soigner les blessures et partager les joies.

A mon époux Pierre Schweitzer, mon compagnon, mon ami, mon soutien, sa présence a été pour moi indispensable.

A Renée Schweitzer, ma maman de cœur.

A Elsa de Véspoli, ma première maîtresse, tout mon souvenir et ma reconnaissance à une femme qui m'a donné la main et m'a conduit sur le chemin du savoir. Non seulement, elle m'a appris mes premières lettres, mais surtout elle a été un exemple humain et déontologique dans ma vie personnelle et professionnelle.

A mes amis Marie Anne, Giglia, Wency, Sofia, Gabriela, Graciela, Florencia, Gisela, Carola et Rosi pour leur amitié et leur soutien.

A Shanna, qui a été, malgré elle, mon éternelle compagne du voyage Paris-Angers.

TABLE DES MATIÈRES

RESUMEN EN ESPAÑOL.....	15
1. Introducción general.....	15
2. Elementos teóricos y metodológicos retenidos para la elaboración de la tesis.....	22
3. Síntesis, aportes y perspectivas	25
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	39
PREMIÈRE PARTIE : DÉVELOPPEMENT, APPRENTISSAGE ET CONCEPTUALISATION DU RÉEL.....	47
Chapitre 1. Le développement cognitif et les apprentissages scolaires	49
1. Introduction.....	49
2. Apprentissage et développement	50
2.1. Apprentissage en contexte scolaire	50
2.2. Développement cognitif	52
3. Développement intellectuel et apprentissages dans les grandes théories du développement.....	53
3.1. Piaget.....	54
3.2. Case, un modèle néo-piagétien du développement.....	61
3.3. Vergnaud, la théorie de champs conceptuels et les apprentissages scolaires .	64
3.4. Wallon	65
3.5. Vygotski	68
4. La conceptualisation du réel	72
4.1. Un modèle général de l'évolution de la conceptualisation ...	73
5. Ce que nous retenons.....	75
Chapitre 2. L'évolution de la conceptualisation du réel chez l'enfant	79

1. Introduction.....	79
2. Piaget et les recherches sur les connaissances naïves chez l'enfant et leur évolution	80
2.1. « La représentation du monde chez l'enfant » (Piaget, 1926)	81
2.2. « La causalité physique chez l'enfant » (Piaget, 1927).....	81
2.3. La recherche après Piaget.....	83
3. Interventions et changement conceptuel.....	84
3.1. Recherches utilisant la méthode d'entretien individuel	85
3.2. Recherches évaluant l'effet des séquences d'intervention (enseignement- apprentissage).....	91
4. Paradigme du changement conceptuel dans l'enseignement des sciences.....	103
4.1. Deux courants de recherche pour expliquer le changement conceptuel dans la littérature anglo-saxonne à propos de l'enseignement des sciences	104
4.2. La théorie de champs conceptuels de Vergnaud, un cadre théorique pour le changement conceptuel.....	114
5. En guise de conclusion... ..	116
Chapitre 3. Domaines de connaissances.....	121
1. Introduction.....	121
2. Les phénomènes.....	122
2.1. Le phénomène physique de la formation des ombres	122
2.2. Le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre	128
3. Le modèle développemental : de l'intraobjectal à l'interobjectal et au transobjectal	131
3.1. L'intra et l'inter objectal, selon Piaget et Garcia devient pour nous l'intra, le quasi-inter et l'interobjectal... ..	134

3.2.	L'évolution cognitive : le passage de l'intraobjectal à l'interobjectal	135
3.3.	Comparaison entre le phénomène physique de la formation des ombres et le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre	144
4.	Le concept de modèle précurseur	144
4.1.	Le modèle précurseur de la formation des ombres.....	145
4.2.	Le modèle précurseur de la fabrication du beurre	146
5.	Conclusion.....	149
.	Conclusion de la première partie	151
.	DEUXIÈME PARTIE : INTERVENTIONS ET ÉVALUATIONS	155
	Chapitre 4. Des interventions à visée développementale et des évaluations	
	157	
1.	Introduction.....	157
2.	Aperçu chronologique des investigations empiriques	158
3.	Présentation des investigations empiriques	161
4.	Les entretiens.....	161
4.1.	Utilisation de la « méthode clinique-critique » comme méthode d'entretien....	162
4.2.	Utilisation de différents registres d'expression.....	163
5.	Méthodologie des interventions (séquences d'enseignement-apprentissage)	165
5.1.	Bases théoriques qui sous-tendent les interventions à visée développementale	166
5.2.	Conditions de réalisation des interventions et rôle des intervenants.....	169
5.3.	Construction des séquences d'enseignement-apprentissage	170
5.4.	Stratégies pédagogiques.....	171
5.5.	Traitement des productions des enfants	172

6. Méthodologie des évaluations (les référentiels développementaux à propos du phénomène physique de la formation des ombres).....	172
6.1. Descriptif des entretiens	172
6.2. Grilles d'analyse.....	176
7. Attentes et suite de l'étude.....	179
Chapitre 5. Référentiel développemental : école maternelle.....	182
1. Introduction.....	182
2. Population	183
3. Traitement de données	183
4. Résultats et analyses	185
4.1. Analyse quantitative.....	185
4.2. Analyse qualitative	191
5. Conclusion.....	199
Chapitre 6. Référentiel développemental : école primaire	201
1. Introduction.....	201
2. Population	201
3. Traitement des données	202
4. Résultats et analyses.....	205
4.1. Évolution des réponses du CP au CM2	205
4.2. Analyse qualitative.....	214
5. Conclusion.....	225
Chapitre 7. Conception de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène de la formation des ombres.....	228
1. Introduction.....	228

2.	Etude à propos du phénomène physique de la formation des ombres.....	229
2.1.	Les enfants impliqués	229
2.2.	Le maître	230
2.3.	Le chercheur	230
2.4.	L'école.....	230
2.5.	Les entretiens pré et post-test	231
2.6.	La séquence d'enseignement-apprentissage	233
3.	Analyse des écarts entre la séquence prévue et la séquence effective	245
 Chapitre 8. Évaluation de l'impact d'une séquence d'enseignement-		
apprentissage sur le développement conceptuel des enfants à propos des		
ombres 255		
1.	Introduction.....	255
2.	Évolution intellectuelle des enfants.....	257
2.1.	Résultats aux pré- test et post-test dans la modalité verbale	257
2.2.	Résultats aux pré- test et post-test dans la modalité graphique	260
2.3.	Degré d'évolution et qualité d'évolution de chaque enfant dans les deux registres d'expression.....	262
3.	Comparaison groupe témoin et groupe expérimental aux pré et post-tests	265
3.1.	Groupe témoin et groupe expérimental aux pré-tests dans les modalités verbale et graphique.....	265
3.2.	Groupe témoin et groupe expérimental au post-test dans les modalités verbale et graphique.....	267
4.	Analyse de la séquence d'enseignement.....	272
4.1.	Analyse en termes de tours de parole.....	272

4.2. Relation entre la participation des enfants (nombre d'interventions) aux activités et la qualité de leurs évolutions	274
4.3. Relation entre la réussite ou l'échec aux activités de formalisation au cours de la SEA et l'évolution conceptuelle au plan graphique	277
4.4. Analyse du fonctionnement de la séquence d'enseignement-apprentissage..	278
4.5. L'étayage de l'enseignant.....	283
5. Conclusion.....	293
Chapitre 9. Une séquence expérimentale concernant le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre	297
1. Introduction.....	297
2. Descriptif de l'étude.....	297
2.1. Objectifs de l'étude	298
3. Population	298
4. Protocole d'investigation	298
4.1. Entretiens pré et post-test.....	299
5. Séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre.....	301
6. Chronique de la séquence d'enseignement-apprentissage	303
6.1. Première séance : lecture d'image et prédictions	303
6.2. Deuxième séance : mise en place des expériences en relation avec les prédictions.....	304
6.3. Troisième séance : vérification des résultats et constats	306
6.4. Quatrième séance : une nouvelle prédiction, une nouvelle expérience	306
6.5. Cinquième séance : faire du beurre à partir de la crème	309

6.6. Sixième séance : formalisation, évaluation et échanges.....	315
7. Grilles d'analyse.....	316
8. Résultats aux pré-tests et post-tests	318
9. Conclusions et discussion.....	319
Synthèses des résultats, discussion et perspectives au plan de la recherche et de l'éducation.....	322
. BIBLIOGRAPHIE	336
. INDEX DES AUTEURS	356
. INDEX DES ILLUSTRATIONS	362
Index des figures	362
Index des photos	366
Index des tableaux.....	368
. ANNEXES.....	374
. Annexe I: Transcription de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la formation des ombres.....	374
. Annexe II : Transcription de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la fabrication du beurre	406
. Annexe III : Publications, présentation et vulgarisation de la recherche ..	490
. Annexe IV : Fiche outil 3C- E (Construction de Connaissances Conceptuelles - enfant) dans le cadre du programme OUFOREP (outils pour la formation et l'éducation)	496

. RESUMEN EN ESPAÑOL

1. Introducción general

En numerosos países, la introducción de las ciencias en los primeros años de la educación, (en Francia, « l'école maternelle » ; en España la educación infantil ; en Argentina, la educación inicial), se justifica por todo tipo de consideraciones : despertar la curiosidad, las vocaciones, fomentar el desarrollo de las capacidades perceptivas, de las habilidades motrices, del lenguaje, del razonamiento y de la socialización - *cf.* « les directives du Ministère de l'Education Nationales découvrir le monde à l'école maternelle », Coquidé-Cantor y Giordan (2002). En este estudio, nos contentaremos con interrogar los lazos entre la educación científica y el desarrollo intelectual del niño. En efecto, si existen estudios que conciernen a los pre-adolescentes y adolescentes, muy pocos involucran niños pequeños (esto es paradójico ya que al mismo tiempo los niños se encuentran actualmente, en Francia, en el centro de proyectos innovadores: " La main à la pâte ", por ejemplo).

Es comúnmente admitido que las prácticas científicas solicitan actividades intelectuales de alto nivel y que, por consiguiente, la enseñanza científica desempeñaría un papel que estimularía el desarrollo de las competencias intelectuales, sobre todo en la adolescencia (Carretero, 1991 ; Glynn, Yeany & Britton, 1991 ; Pozo & Carretero, 1992 ; Gunstone, 1994 ; Khun, Amsel & O'Loughlin, 1988 ; Zimmerman, 2005). Otros estudios, ponen en evidencia un trabajo con niños pequeños (Eshach & Fried, 2005), los autores reconocen la dificultad de estos tipos de aprendizajes a nivel preescolar, pero al mismo tiempo afirman que la dicha dificultad no implica imposibilidad.

El razonamiento hipotético, el razonamiento causal, la construcción de modelos así como, la utilización de los mismos; la metacognición, son los aspectos frecuentemente relacionados con la actividad científica. Con respecto a las exigencias intelectuales son evocados el rigor, la concisión, la precisión, la comprobación y la verificación de hipótesis, basadas en la experiencia concreta, a veces la imaginación y la audacia; cualidades que participan en el desarrollo de esta actividad. Si globalmente, se pudieron establecer correlaciones entre las pruebas de razonamiento o de evaluación del pensamiento formal y el éxito a las pruebas de conocimiento en ciencias, el vínculo no es más elevado que en otros campos del conocimiento. Esto significa que no se han podido identificar competencias específicas al éxito en ciencias (Adey, 1989). En suma, el aprendizaje de las ciencias requiere de la inteligencia, como todos los aprendizajes.

Si existen numerosos estudios de correlación que pretenden establecer relaciones entre las capacidades intelectuales específicas (razonamiento causal, combinatorio, probabilidad, pruebas de conservación, etc.), pocos son aquellos que llegaron a demostrar que la enseñanza científica favorecería el desarrollo de capacidades cognitivas específicas (Padilla, Okey & Garrard, 1984). Todavía más raros, parecen ser, los estudios que se han fijado como objetivo prioritario de establecer un lazo entre los aprendizajes científicos y el desarrollo intelectual. Esta realidad es completamente comprensible si se considera que el desarrollo intelectual es multideterminado y que es imposible aislar los factores susceptibles de explicar la evolución conceptual (Vergnaud, 1994). Por otra parte, estamos lejos de disponer de una teoría del desarrollo intelectual que haga consenso y que permita operacionalizar las transformaciones del psiquismo, resultado de las actividades educativas (Kayoko, 1993; Marti, Garcia-Mila, Steren, & Gomez-Grannell, 1996; Baquero, 2009). Por último, cualquiera sea el modelo de desarrollo intelectual utilizado, las transformaciones esperadas se efectúan a largo plazo, lo que es incompatible con la

necesidad de controlar el conjunto de parámetros, que supuestamente intervendrían en la evolución intelectual. Así, si consideramos por ejemplo el desarrollo del razonamiento hipotético-deductivo, no es más que a la adolescencia que éste se manifiesta en la población escolar a gran escala, con diferencias interindividuales muy importantes. Esto justificó, en la época en la cual la teoría piagetiana del desarrollo era la referencia mayor en educación, que la enseñanza científica comenzara a esta edad, en la cual se suponía que habían alcanzado un nivel intelectual que les permitiría acceder a conceptos formales y a los modos de razonamiento asociados (Weil-Barais, 2005). Numerosos autores mostraron sin embargo, que antes de este período, los niños manifestaban capacidades para aislar ciertos factores y concebir experiencias, permitiéndoles pronunciarse sobre los efectos (Cauzinille-Marmèche, Mathieu & Weil-Barais, 1983; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988). Las condiciones en las cuales estas capacidades se desarrollan, quedan no obstante, poco conocidas. Un estudio ya antiguo (llevado a cabo por Philip Adey en Gran Bretaña) (Adey, 1992) en el que se han comparado niños entre once y trece años que recibieron una enseñanza científica, con niños que no la habían recibido, no permitió poner en evidencia diferencias en términos de niveles de desarrollo a las pruebas piagetianas, sin precisar la naturaleza de las actividades realizadas por los niños en clase. No obstante sabemos que: contenidos similares pueden suscitar actividades intelectuales diferentes. Estas actividades pueden ser más o menos exigentes a nivel del funcionamiento del pensamiento, según los problemas sometidos a los niños y los modos de tutela utilizados por los profesores (Weil-Barais & Bouda, 2004). Adey (1992) mostró por otra parte ciertas diferencias en las producciones de los niños, asociadas con el hecho de que los profesores hubieran tenido o no una formación sobre el desarrollo intelectual (esto muestra la importancia del papel del profesor en la evolución intelectual del niño).

Cuando uno se interesa en los efectos producidos por la iniciación científica en niños pequeños, lo que es nuestro caso, aceptamos de facto la tesis vigotskiana según la cual el aprendizaje estimula el desarrollo (Weil-Barais, 1994, 2004). En efecto, los niños pequeños no disponen aun de operaciones de pensamiento ni de habilidades implicadas en la actividad científica (Khun, Amsel & O' Loughlin, 1988; Eshach & Fried, 2005). Están lejos de poder dominar los conceptos científicos así como de construir y de razonar en termino de representaciones, lo que implica poder desprenderse de aspectos afectivos, emocionales, perceptivos y sensorio-motores (Bachelard, 1934). No obstante, esperamos que, por intermedio de las propuestas de actividades dadas por el adulto, los niños logren avanzar a nivel intelectual, ya que esto les demandaría, el control de las acciones y de las percepciones, las exigencias de inteligibilidad, la puesta en común de las representaciones, de las explicaciones de la realidad física que los rodea. Es en este sentido que el aprendizaje precedería el desarrollo (Vygotski, 1934-1985).

Sin embargo para que esta propuesta muy general, compartida actualmente por numerosos autores, se vuelva operativa, es necesario especificar las condiciones del aprendizaje y la naturaleza de las competencias intelectuales que supuestamente deben ser construidas o transformadas por las actividades propuestas a los niños, en el marco de la enseñanza de las ciencias (Weil-Barais, Lemeignan & Séré, 1990). Esto supone disponer por lo menos de cuatro categorías de modelos : a) un modelo del conocimiento, b) un modelo de actividades cognitivas correspondientes, c) un modelo de la intervención didáctica y d) un modelo de las competencias que supuestamente deben formarse. En efecto, si queremos estar en condiciones de poder poner en relación el aprendizaje con el desarrollo intelectual, los tres términos del sistema de aprendizaje deben ser especificados (el conocimiento, la mediación pedagógica y la actividad del sujeto) así como el modelo de desarrollo utilizado (Weil-Barais, 2004).

La investigación doctoral presentada en este informe, se interroga sobre el papel de la educación científica en el desarrollo intelectual del niño. Esta cuestión es abordada a partir de los aportes teóricos de Piaget y Garcia (1983) sobre las transformaciones de la lectura de la realidad en el curso de la psicogénesis, y los de Vigotsky (1934-1985) relativos a la concepción del origen social del pensamiento, particularmente el papel del medio educativo y su influencia en los procesos psíquicos superiores (mediación, tutela, mediación semiótica). Este modelo permite sugerir ciertos criterios de elección de situaciones apropiadas. Ello nos conduce a retener los fenómenos físicos como soportes de actividades en contexto escolar.

Nuestro trabajo se sitúa entonces en la intersección de varios campos: en el de la psicología evolutiva, en el de la psicología de la educación y en el de la didáctica de las ciencias.

Nuestro objetivo central es estudiar la relación entre la iniciación científica y el desarrollo intelectual mediante el análisis de diferentes procesos del origen del cambio conceptual. Hacemos la hipótesis de la intervención de tres tipos de procesos que sostienen la evolución intelectual: a) los procesos internos al sujeto, b) los procesos externos al sujeto (medio, situaciones-problemas, el fenómeno físico al cual el niño va a ser confrontado, la mediación semiótica, etc.); y c) los procesos interaccionales (entre los niños, entre el adulto y los niños...).

En una primera parte del informe (capítulos 1 al 3), exponemos los aspectos teóricos que han servido para la construcción de la tesis. Proponemos en el primer capítulo una revisión no exhaustiva de las teorías del desarrollo cognitivo interrogando así la posición de los teóricos más relevantes del desarrollo intelectual a propósito de la relación entre aprendizaje y desarrollo. Este capítulo permite posicionarnos con respecto a esta relación

y hacer elecciones razonadas, concernientes con los aspectos del pensamiento que aparecen cruciales en el desarrollo, a saber: la conceptualización.

El segundo capítulo presenta algunas investigaciones que conciernen la evolución de las concepciones de la realidad del niño entre cinco y once años, principalmente en el campo de la física. El punto central del capítulo está dedicado al estudio de investigaciones que intentan poner en evidencia los factores determinantes de la evolución conceptual.

El tercer capítulo presenta una reflexión sobre la elección de los fenómenos explorados en la tesis: el fenómeno físico de la formación de las sombras y el fenómeno físico-químico de la fabricación de la mantequilla.

La segunda parte de este informe presenta las investigaciones empíricas realizadas y se compone de seis capítulos (capítulos 4 al 9). El cuarto capítulo está dedicado a la metodología. Son expuestos los principios generales que guiaron la elaboración de referenciales evolutivos de las concepciones de los niños acerca del fenómeno físico de la formación de las sombras, así como los procedimientos de aprendizaje.

El quinto capítulo presenta el referencial evolutivo de las concepciones del conocimiento infantil acerca del fenómeno físico de la formación de las sombras en la escuela maternal (PSM, MSM y GSM), utilizando dos modalidades de expresión: la verbal (bajo la forma de una entrevista individual) y la gráfica (realización de un dibujo).

En el sexto capítulo presentamos el referencial evolutivo, sobre las concepciones del conocimiento infantil acerca del fenómeno físico de la formación de las sombras con niños de la escuela primaria (del CP al CM2). Este referencial utiliza tres modalidades de expresión: verbal (entrevista individual), gráfica (dibujo) y pragmática (la realización de una construcción en 3D). Ambos referenciales, representan para nosotros una fuente de información esencial para toda comparación posterior. Disponer de datos comparativos es

importante para poder apreciar la evolución conceptual que resulta del proceso de enseñanza-aprendizaje en relación a la evolución típica.

La metodología de la intervención didáctica del fenómeno físico de la formación de las sombras esta desarrollada en el séptimo capítulo.

El octavo capítulo evalúa el impacto de esta secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre la evolución conceptual de los niños. Ha sido cuestión aquí de poner en correspondencia los resultados de nuestro grupo experimental con aquellos correspondientes a los referenciales, con el fin de cuantificar la evolución. La intervención psico-didáctica, ha sido también analizada con el objeto de tratar de explicar los determinantes de la evolución conceptual observada.

Para finalizar nuestra parte empírica, nos pareció interesante dar cuenta en este informe de una primera investigación exploratoria a propósito de otro fenómeno que presenta una complejidad diferente que el de la formación de las sombras, se trata del fenómeno físico-químico de la fabricación de la mantequilla (capítulo 9). Este fenómeno fue elegido, ya que comporta una dificultad suplementaria que es la de trabajar con entidades imaginadas y no con entidades visibles como es el caso en el fenómeno de la formación de las sombras. Poder explicar la transformación visible de la materia (crema en mantequilla) por medio de una transferencia de energía (acción mecánica) que modifica la materia, implica un tratamiento cognitivo mucho más costoso en el plano intersíquico e intrasíquico. Esta ultima experimentación como ya lo hemos señalado tiene un carácter exploratorio. Se trata de probar la viabilidad de dicho proyecto con niños de Gran Sección de Maternal. Pensamos aquí en la perspectiva posterior de poder evaluar: si las evoluciones observadas en los niños, durante la secuencia-sombra, provienen realmente de un

proceso en el cual se movilizan los mecanismos responsables del desarrollo cognitivo y no solo de un proceso de aprendizaje.

En conclusión, hacemos una síntesis de los resultados, presentamos los aportes de nuestro trabajo y sugerimos perspectivas para una investigación ulterior.

2. Elementos teóricos y metodológicos retenidos para la elaboración de la tesis

Retenemos de la tesis de Vigotsky la idea de la existencia de un desarrollo potencial. Poder pensar en la posibilidad de ir más allá de la evolución espontánea, implica que los aprendizajes escolares pueden actuar como motores del desarrollo. Los conceptos de ZPD y mediación educativa serán igualmente considerados, puesto que ellos nos abren un campo de acción y nos obligan a concentrarnos sobre los medios que serán puestos a disposición de los niños para favorecer la evolución conceptual. Además retenemos la definición de concepto propuesta por Vergnaud (1997), el carácter sistémico y relacional de los conceptos así como la idea de que los conocimientos se elaboran de modo diferente según el dominio conceptual. Por último, la necesidad de tomar en cuenta las articulaciones y la puesta en relación de los diferentes registros o aspectos del conocimiento (pragmático, conceptual y semiótico).

También retenemos la proposición teórica de Piaget y Garcia (1983) a propósito del modelo general de la evolución de la conceptualización de la realidad con tres niveles de explicación: intraobjetal, interobjetal y transobjetal. Teniendo en cuenta que trabajamos en nuestros estudios experimentales con niños de cinco años, vamos a interesarnos en el paso del intraobjetal al interobjetal únicamente.

De las investigaciones estudiadas en el segundo capítulo señalamos aquí ciertos elementos interesantes que hemos podido constatar:

- en cuanto a las intervenciones psico- didácticas : la influencia de factores externos al sujeto que permiten, según las condiciones de realización, de reforzar o acelerar el cambio conceptual (Inhelder & al., 1974 ; Weil-Barais, & al., 1986 ; Hayes et al., 2003 ; Hannust et al., 2007) ; la importancia de los contenidos en las preguntas hechas a los niños (Panagiotaki et al., in press) ; el interés de hacer trabajar a los niños con diferentes objetos, en autonomía (Ravanis, 1996) ; la influencia de los contenidos de aprendizaje sobre el cambio conceptual (Hayes et al., 2003) ; el interés de tomar en cuenta las concepciones primeras, pré-conceptuales como punto de partida del aprendizaje para favorecer el cambio conceptual (Diakidoy et al., 2001) ; el hecho de que las producciones de los niños están relacionadas con las exigencias de los adultos (Dumas Carré et al., 2003) ; la utilización de procedimientos de desestabilización de concepciones erróneas (Ravanis et al., 1995) ; la importancia de fomentar la intervención de los niños, pidiéndoles que predigan resultados ; que confronten las predicciones a la experiencia y que trabajen sobre las contradicciones (Weil-Barais, et al., 1986) ; la necesidad de conducir investigaciones en condiciones naturales de aprendizaje (Ravanis, 2005) ;

- en cuanto a la evaluación: la utilización de diferentes registros de expresión. En ciertos estudios, solo la entrevista, que moviliza el registro verbal; en otros, los registros verbal y gráfico, algunas veces la utilización de construcciones en 3D, así como la necesidad de utilizar diferentes artefactos culturales con el fin de contar con un soporte empírico mientras se cuestiona al niño (Panagiotaki et al., in press);

- en cuanto a las características del cambio conceptual: los estudios ponen en relieve el carácter gradual e indican que el proceso de cambio es largo y difícil, además

explicitan que las explicaciones avanzadas acerca de las etapas del cambio conceptual pueden explicar la transformación que se produce en el plano de las estructuras.

Hemos constatado pocos estudios sobre la temática: desarrollo y aprendizaje, implicando niños pequeños; es por ellos que decidimos interesarnos al periodo pré-escolar y específicamente a la Gran Sección de Maternal (niños de cinco años).

Con respecto a nuestro estudio, hemos retenido la idea de concebir y de evaluar dos intervenciones en clase sobre la evolución de las concepciones de los niños relativas al fenómeno físico de la formación de las sombras y al de la fabricación de la mantequilla. Es por ello que retenemos de los estudios precedentes la idea de un conjunto de situaciones experimentales; el paradigma retenido es el siguiente: demande de predicción, confrontación con los resultados de la experiencia, discusión y confrontación de ideas hasta llegar a un consenso. Diferentes registros de expresión serán solicitados. La intervención de los adultos estará centrada en una postura de mediación que favorecerá los aspectos operativos del pensamiento. La secuencia de enseñanza- aprendizaje se realizara en condiciones naturales. Nuestro objetivo será de estudiar la relación entre iniciación científica y desarrollo intelectual por medio del análisis de diferentes procesos del origen del cambio conceptual.

Las metodologías trasversal y longitudinal serán utilizadas, con la finalidad de poder comparar los efectos de las intervenciones (desarrollo inducido a una evolución típica o normal) y además estudiar el proceso de desarrollo de la conceptualización del fenómeno de la formación de las sombras (estudio trasversal de la PSM hasta el CM2).

Movilizando el conjunto de procesos (ya enunciados en la introducción de este resumen), esperamos una evolución en el sentido de una movilización de las conceptualizaciones de los niños del intraobjetal al interobjetal. Partiendo de la idea de que el desarrollo es

multideterminado, es un sistema de hipótesis que ponemos a prueba por intermedio de la evaluación de los efectos producidos por las secuencias de enseñanza-aprendizaje.

3. Síntesis, aportes y perspectivas

El principal objetivo de esta tesis fue cuestionar el papel de la educación científica en el desarrollo intelectual del niño pequeño, particularmente la relación entre desarrollo y aprendizaje basándose en un análisis crítico de las grandes teorías del desarrollo y de la importancia concedida por numerosos autores al desarrollo conceptual. Para ello se han articulado varios modelos: a) el que se refiere al desarrollo conceptual (del intra al interobjetal), b) el asociado a las actividades cognoscitivas correspondientes (abstracción empírica y refleja, toma de conciencia, reflejamiento) y c) el de la intervención didáctica. Formulamos así un conjunto de hipótesis concernientes a los determinantes de la evolución conceptual. Estos determinantes los relacionamos con tres tipos de procesos: a) los procesos internos al sujeto, b) los procesos externos al sujeto (las situaciones-problemas, los fenómenos físicos, los artefactos culturales); y c) los procesos interaccionales (las formas de interacción, la tutela). Estos procesos son concebidos como no dissociables, suponemos que deben funcionar juntos para asegurar una función evolutiva. Es por ello que consideramos que se trata de una hipótesis general a carácter sistémico. Esto nos condujo a concebir secuencias de enseñanza-aprendizaje que toman en cuenta los diferentes procesos descriptos. Las secuencias de enseñanza-aprendizaje han sido realizadas a título experimental con grupos de Gran Sección de Maternal y conducidas por profesores voluntarios para participar en los estudios. Los progresos de los niños han sido evaluados mediante un análisis comparativo de sus respuestas a un pre-test y a un post-test, así como a las respuestas dadas por niños que no han participado a

la secuencias de enseñanza-aprendizaje. Consideramos que si los niños evolucionaban en el sentido esperado, esto validaba las hipótesis emitidas sobre las condiciones intersíquicas, intrasíquicas y ambientales que permitirían dicha evolución. Nuestra prueba de hipótesis se basaba en el análisis de los efectos producidos por las intervenciones.

Así, en la perspectiva de someter a un test a nuestra hipótesis general, relativa a los determinantes de la evolución conceptual de los niños, efectuamos cuatro estudios empíricos: la elaboración de dos referenciales así como la concepción y la evaluación de dos secuencias de enseñanza-aprendizaje.

El primer aporte importante de estas investigaciones concierne la elaboración de tablas de análisis cualitativo de las producciones de los niños, específicas a los dominios de conocimiento explorados, así como a los registros de expresión movilizados. Las categorías y los criterios precisos de pertenencia, a cada nivel de lectura de la realidad, han sido establecidos a partir del conjunto de respuestas que constituimos a lo largo de nuestra investigación. Los datos estadísticos obtenidos acerca de los resultados de los niños de diferentes grupos de edad (de la pequeña sección de la escuela maternal hasta el CM2, último año de la escuela primaria en Francia) dan una idea de la evolución conceptual de los niños en el contexto escolar francés actual. Esta evolución se observa en el sentido del modelo de desarrollo conceptual que utilizamos: los niños evolucionan del intraobjetal al interobjetal como lo plantearon Piaget y García, con una etapa de transición que nosotros denominamos: « casi-interobjetal ».

El segundo aporte, es la especificación de una metodología de intervención adaptada a las evoluciones conceptuales esperadas. La metodología se apoya en un cierto número de principios que rigen la manera de interrogar a los niños y de ponerlos en actividad : 1) la identificación de los aspectos determinantes del fenómeno, es decir el hecho de centrarse

sobre las relaciones, 2) la demanda de predicción que precede a toda experimentación, 3) la utilización de artefactos culturales para explicar o mostrar las relaciones establecidas entre los diferentes objetos (en el caso del fenómeno de la formación de las sombras) o entre las acciones y las transformaciones (como en el caso del fenómeno de la fabricación de la mantequilla); 4) la confrontación de los puntos de vista, 5) los momentos de discusión sobre la manera de representar el fenómeno ; 6) la organización social de las actividades.

El último aporte tiene relación con los resultados de las evaluaciones, que confirman la pertinencia de la metodología de intervención.

Con el fin de profundizar nuestras conclusiones, vamos a precisar algunos puntos.

El modelo de la evolución

La progresión cognoscitiva descrita en referencia al modelo propuesto por Piaget y García (1983), nos permitió apreciar la evolución que concernía el pasaje de la explicación basada sobre las propiedades perceptivas de los objetos, a la toma en consideración de las relaciones y, por consiguiente, al tratamiento sistémico (interobjetal). Sin embargo, debimos introducir nuevas categorías para dar cuenta de los progresos de los niños. Estas categorías son muy específicas al dominio considerado del conocimiento, mientras que los niveles de evolución son muy generales. Concerniendo la secuencia de enseñanza-aprendizaje a propósito de la sombra, si hubiésemos utilizado la primera categorización del modelo general, habríamos observado una evolución de las concepciones en sólo cuatro niños en la modalidad verbal así como también en la modalidad gráfica, sobre los quince implicados en la experimentación. Con nuestra categorización más fina, observamos diez evoluciones en la modalidad verbal y trece en la modalidad gráfica. En cuanto a la secuencia relativa a la fabricación de la mantequilla, hemos constatado que los niños se encuentran en el nivel intraobjetal, o bien se sitúan en el nivel interobjetal. Hacemos la

hipótesis de que estas diferencias provienen de las características no visibles del fenómeno. Parecería que, o el sistema de pensamiento del niño hace posible una reflexión sobre un plano puramente mental, o el niño se queda sobre un plano puramente perceptivo. Sin embargo, respecto a las dificultades que presenta la consigna utilizada en la actividad gráfica empleada (« ¿podrías dibujar lo que falta en medio de ambos dibujos y explicarme cómo se hace para fabricar la mantequilla a partir de la crema? »), parece necesario duplicar la investigación utilizando una tarea de evaluación con una consigna más simple. Por ejemplo, en lugar de proponerle al niño completar un dibujo que representa los estados de la materia antes y después de la transformación, como fue el caso en el estudio exploratorio (cf. figura 29 p. 296), pensamos que sería preferible pedirle simplemente que dibujase el proceso de fabricación, con la consigna siguiente: « algunos niños de cinco años de otra escuela no saben cómo podemos fabricar la mantequilla a partir de la crema. ¿Podrías dibujar todo lo que hay que hacer para fabricar la mantequilla? Después les mostraré tu dibujo ».

Nuestro trabajo demuestra por otro lado, la importancia de conducir un análisis fino de los sistemas conceptuales enseñados para poder identificar los cambios cognoscitivos que traducen una puesta en movimiento del pensamiento. Podemos suponer que las categorías intermedias (particularmente nuestra categoría C3 casi-interobjetal) que introdujimos entre el intra y el interobjetal son el reflejo del trabajo del pensamiento estimulado por las actividades propuestas a los niños, en el contexto de mediación que hemos descrito. Observamos una evolución en tres niños que alcanzan nuestra categoría C3 casi-interobjetal en la modalidad verbal, ellos habían tenido como punto de partida la categoría CO es decir aquella que traduce una ausencia de conocimiento del fenómeno o bien de una categoría intraobjetal (C1 y C2). Por otra parte comprobamos una evolución en seis niños que también alcanzaron la categoría C3 en la modalidad gráfica, mientras

que se situaban inicialmente en la categoría C0, C1 o C2. Esto implica que dichos niños que no conocían el fenómeno (categoría C0) o que eran capaces de realizar un tratamiento puramente perceptivo (categorías C1 y C2), después de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, lograron explicar el fenómeno o dibujarlo poniendo énfasis en las relaciones entre los elementos. Ciertamente el tratamiento relacional es todavía incompleto, pero esta evolución en la concepción de la realidad, es para nosotros un indicador de evolución a nivel conceptual. El único niño que no evoluciona en ninguna de las dos modalidades de expresión es Sam, que estuvo ausente a ambas sesiones de la secuencia de enseñanza-aprendizaje.

Además del hecho de que el modelo de la evolución del intra al cuasi-inter y al interobjetal, nos permitió construir un sistema de categorización de las respuestas de los niños, nos dio también una idea de las actividades intelectuales a poner en práctica : concentrarse sobre las relaciones (entre los diferentes objetos con el fin de explicar la formación de la sombra y entre la acción mecánica ejercida sobre la crema con el fin de explicar la transformación de la materia), más que sobre las propiedades perceptibles (color, forma, talla, textura).

El marco dado por la tesis de Vigotsky

Siguiendo las observaciones de Brossard (2004), hemos tenido que apartarnos del marco vigotskiano para describir las evoluciones cognoscitivas de los niños. Pero cabe resaltar que dicho marco nos permitió pensar en una organización de la ZPD eligiendo actividades (de experimentación y de formalización del saber) así como, determinar una estrategia pedagógica adaptada a esta evolución. En cuanto a los contenidos de enseñanza, los modelos precursores que subtienden las entrevistas y las actividades propuestas a los niños (no transmitidos de manera explícita) se revelaron pertinentes ya que, como lo vimos, la inmensa mayoría de los niños progresa. La concepción de estos modelos supone

un análisis fino de los contenidos científicos (Lemeignan y Weil-Barais, 1983) así como el conocimiento de las concepciones primeras, pré-conceptuales o ingenuas de los niños (Carretero, 2009; Lebeaume, 2008; Lautrey y alli, 2008; Diakidoy y al., 2001; Giordan, 1998; Weil-Barais, 1994), ya que los modelos precursores toman en cuenta a la vez, las proposiciones que los niños ya admiten y proposiciones nuevas compatibles para ellos con este modelo.

La construcción de los referenciales evolutivos de la explicación del fenómeno físico de la formación de las sombras

Desde luego, conviene disponer de datos comparativos para apreciar la evolución que resulta del aprendizaje con relación a la evolución típica. Es por eso que nos propusimos construir dos referenciales, uno concerniente a la escuela maternal (del PSM al GSM), y el otro, a propósito de los niños de la escuela primaria (del CP al CM2).

Los análisis realizados de las producciones de los niños respecto a la concepción de la sombra, confirman la pertinencia del modelo propuesto por Piaget y García al cual hicimos referencia. Los resultados indicaron un efecto evolutivo en los tres registros de expresión solicitados (verbal, gráfico y pragmático). Además hemos constatado que es a partir del CE2 (niños de ocho años de edad) que las concepciones de los niños toman en cuenta una explicación basada en las relaciones (interobjetal), y ello se observa en casi el 50 % de la muestra. La concepción interobjetal se extiende a la totalidad de las muestras solamente en CM1 (niños de nueve años de edad) y CM2 (niños de diez años de edad) .

La evolución conceptual

Los resultados que corresponden a los niños del grupo experimental (n = 15, niños de 5 años) tienden a indicar que las explicaciones dadas a propósito de la sombra, después de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, son superiores a las dadas por los niños de

nuestro referencial a la misma edad. En el registro verbal, los niños del grupo experimental se sitúan a nivel de los resultados del CP / CE1; en el registro gráfico, la evolución se acerca a los resultados observados en CE2 / CM2.

¿Podemos hablar de cambio conceptual? Proponemos, hablar de evolución o de enriquecimiento de una concepción, en lugar de pronunciarnos en términos de reestructuración conceptual. Los resultados de nuestra investigación muestran que el cambio conceptual es un proceso difícil, largo y gradual.

Por otro lado, nuestro trabajo pone en evidencia el interés en utilizar diferentes registros de expresión con el fin de comprender la complejidad del proceso de evolución conceptual así como la manera de evaluar las evoluciones. En efecto, los niños no se sitúan necesariamente en el mismo nivel de conceptualización, según los registros de expresión solicitados, ello nos conduce a ser sumamente prudentes con respecto a las interpretaciones de la evolución. Nuestro trabajo muestra así el carácter semiótico de los cambios psicológicos.

Los determinantes de la evolución

Un gran número de factores han desempeñado sin duda un papel considerable en las evoluciones observadas: la predicción que precede a toda experimentación con el fin de evitar la exploración por ensayo-error (inducir y fomentar una actividad reflexiva, previa a toda acción), la sistematización de la confrontación de las hipótesis con los datos de la experiencia, las preguntas hechas a los niños por el profesor y el investigador que insistían en las relaciones espaciales entre los objetos (en nuestro estudio sobre la sombra). Todo el trabajo previo a las secuencias de enseñanza-aprendizaje: la concepción de las actividades y de las tareas susceptibles de favorecer la evolución conceptual en los niños, la necesidad de conocer, comprender y estudiar los conceptos en juego, con el fin de que

el profesor pueda contemplar y evaluar los diferentes puntos de vista de los niños y reaccionar frente a ellos, así como orientar la construcción de un conocimiento negociado, por intermedio de un proceso de mediación. Estos factores constituyen para nosotros un todo que es imposible de disociar. Las formalizaciones (por medio de actividades de collage) han podido ser una ayuda para expresar las relaciones espaciales interobjetales a nivel gráfico (las evoluciones comprobadas conciernen doce niños de los quince que han intervenido en nuestra experimentación, seis producciones son de tipo cuasi-interobjetales y seis interobjetales). También queremos poner en evidencia que les permitimos a los niños manipular la fuente de luz, tomando en consideración las observaciones críticas hechas por Dumas Carré y al. (2003) a propósito del uso de una fuente de luz fija que no permite darse cuenta del papel de la luz en la formación de las sombras. Basándonos en las conclusiones de Ravanis (2005) realizamos ambas secuencias de enseñanza-aprendizaje en condiciones naturales (sala de clase y profesor habitual). Trabajar en un medio ambiente conocido, pudo tener una influencia sobre las realizaciones de los niños ya que se encontraban en un ámbito que les ha podido dar una cierta seguridad. También destacaremos la formación del profesor al marco teórico definido por el investigador, éste último tuvo un papel de negociador con respecto a las condiciones de realización de las secuencias de enseñanza-aprendizaje y efectuó intervenciones de regulación durante el transcurso de las actividades. Todos estos aspectos produjeron sin duda, efectos desde luego no mensurables.

Respecto a los modelos precursores utilizados en nuestros estudios (interposición fuente de luz-objeto-plano de proyección y acción mecánica sobre la materia), podemos decir que los mismos favorecieron la creación de una Zona de Desarrollo Próximo permitiéndoles a algunos niños, acceder al umbral de la lectura interobjetal de la realidad (el 57,14 % de los niños se sitúan en la categoría cuasi-interobjetal) y a otros (35,82 %), alcanzar la lectura

interobjetal. Deducimos de ello, que esta zona ofreció la posibilidad de realizar un tratamiento más dinámico y más elaborado de la realidad en el plano cognoscitivo, siendo al mismo tiempo un "espacio" eficiente para lograr un aprendizaje exitoso. Los resultados de las evaluaciones testimonian de la fecundidad del concepto de "modelo precursor" para concebir secuencias de enseñanza-aprendizaje con finalidad evolutiva adaptadas a niños pequeños.

Factibilidad de una nueva experiencia con el fin de mostrar la transferencia de habilidades adquiridas...

Para poder comprobar si los progresos adquiridos en un dominio (la formación de las sombras) se generalizan a otro dominio, condujimos una experimentación relativa a la fabricación de la mantequilla. Nuestro objetivo ha sido de poner en evidencia la posibilidad de proponer un modelo precursor basado en una transferencia de energía mecánica con el fin de modificar la materia a nivel molecular : la mantequilla es el resultado de una acción mecánica sobre la crema (mientras que los niños piensan que hace falta la reunión de ingredientes diversos para la fabricación de la mantequilla, buscando así los medios necesarios para espesar la crema, tales como la harina o bien, agregar huevos para dar el color amarillo o poner la preparación en el refrigerador para que ésta se vuelva compacta). Las explicaciones dadas por ciertos niños, dos meses después de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, muestran que los elementos del modelo precursor que concebimos, han sido adaptados a este nivel de edad (niños de cinco años): « Hace falta la crema, no la blanca, la amarilla, esa es más grasa y con ella podemos hacer la mantequilla. No hay que poner harina, ni huevos porque después es asqueroso. Después batimos y batimos y así se hace la mantequilla. Dentro de la crema, hay mucha materia grasa que camina separada y cuando mezclamos, las gotas de las materias grasas se ponen todas juntas y después se hace la mantequilla. Hace falta mucha materia grasa

para hacer la mantequilla. Hay que batir mucho con una máquina, una mano, un tenedor, después queda la mantequilla y un poco de agua, como leche. » (Ang: 5; 3). « Para hacer la mantequilla, necesitamos la crema, y mezclamos y mezclamos para hacer la mantequilla. La crema con muchas materias grasas. En la crema las gotas de las materias grasas están esparcidas por todos lados y en la mantequilla, están totalmente pegadas. Para que estén pegadas, hay que mezclar » (Cle: 5; 10).

La experimentación relativa a la fabricación de la mantequilla nos permitió dar cuenta de la viabilidad de ese tipo de proyecto con niños en Gran Sección de Maternal. Identificamos los obstáculos epistemológicos y cognoscitivos (reflexionar sobre entidades no visibles, comprender que una acción mecánica origina la transformación de la materia). Por otro lado, realizamos un conjunto de actividades experimentales a partir de las hipótesis emitidas por los niños. Esta investigación suscitó el entusiasmo de los mismos, éstos se involucraron en las actividades a pesar del número importante de sesiones de trabajo efectuadas (seis sesiones de veinte minutos cada una). No debemos olvidar que trabajamos con niños de cinco años y que a esta edad la atención habría podido disminuir. El hecho de que el profesor ha seguido las propuestas de los niños, conduciéndolos a realizar las experiencias que invalidaban o confirmaban las hipótesis, fue sin duda un elemento esencial para mantener el interés del grupo por un tema difícil.

A largo plazo, podríamos emprender una experimentación más larga donde los niños trabajarían sucesivamente sobre la sombra y luego sobre la mantequilla. Si efectivamente la primera secuencia pone en movimiento un proceso de desarrollo específico (del intra hacia el inter), deberíamos esperar que esta dinámica, se reencuentre en la segunda secuencia pudiendo mostrar así, que alcanzamos los mecanismos responsables del desarrollo.

Perspectivas para la investigación, aplicaciones et implicaciones para la educación

Destacaremos que el trabajo de tesis ofrece ciertas pistas interesantes en el plano de la investigación y en el de las prácticas escolares. En efecto, las tablas de análisis de las producciones de los niños que construimos, puede ser adaptada a numerosos dominios: la distinción intra e interobjetal es muy general. Su interés es de poder diagnosticar cambios importantes de representación de un punto de vista evolutivo y así comparar dominios de experiencia muy diversos. La utilización de estas tablas para interpretar las producciones de los niños en contextos muy variados, permitiría salir del puntillismo que a menudo caracteriza las investigaciones sobre la conceptualización. El empleo generalizado de una tabla de análisis como la que propusimos, facilitaría la producción de investigaciones comparativas (entre dominios y entre sistemas educativos) que serían actualmente necesarias.

Los resultados que emergen de esta tesis nos incitan a continuar con los estudios sobre el cambio conceptual en el niño, controlando mejor las condiciones de exploración desde el punto de vista del conocimiento que tienen de los sistemas externos de representación, que les sirven para expresar las concepciones acerca del mundo que los rodea. Sería también interesante estudiar los cambios provocados por el aprendizaje de nuevos sistemas externos de representación, como el dibujo geométrico por ejemplo, o las reglas del dibujo en perspectiva.

En el ámbito de la educación, los referenciales evolutivos que establecimos concernientes al desarrollo conceptual, presentan ciertamente un interés. Las tablas de análisis cualitativo de las respuestas de los niños definen, en efecto, niveles jerarquizados que pueden alcanzar, proponiendo así objetivos razonables en un sistema de educación que se preocuparía prioritariamente, del desarrollo intelectual de los mismos.

En cuanto a las secuencias de enseñanza-aprendizaje, hemos visto, que es posible utilizar los principios de concepción, de gestión de las actividades y de mediación, idénticos cualquiera sea el contenido conceptual elegido. También mostramos la importancia de disponer de un análisis fino de las redes conceptuales.

Sobre un plano más general, pudimos mostrar que el impacto de las secuencias de enseñanza-aprendizaje dependía de todo un conjunto de factores interconectados que intentamos elucidar, particularmente por los análisis finos que hicimos del funcionamiento de la secuencia "sombra".

Por último diremos que no pudimos establecer que la iniciación científica tiene un impacto sobre el desarrollo intelectual del niño pequeño ya que no disponíamos previamente de un conjunto de secuencias de enseñanza-aprendizaje en el dominio específico adaptadas a los niños, que nos habrían permitido hacer un control longitudinal. Sin embargo, los resultados que hemos obtenido son alentadores en cada una de las secuencias de enseñanza-aprendizaje evaluadas.

Esta tesis fue acogida de manera favorable en la comunidad científica: dio lugar a siete publicaciones (artículos papeles y numéricos, *cf.* anexo III, pp. 485-489); ha sido presentada en ocho congresos (entre los que se encuentran dos a carácter internacional); por otro parte, ha sido presentada diez veces en el marco de animaciones pedagógicas y conferencias en la formación continuada de profesores de escuelas maternas y primarias. También creamos, en el marco del programa regional de investigación OUFOPREP un instrumento de evaluación: 3C-E (Construcción de Conocimientos Conceptuales-niño) (*cf.* anexo IV, pp. 491-496). Nuestro marco teórico y metodológico ha sido utilizado en un informe de CAFIPEMF (*cf.* anexo III, pp. 485-489) luego de una

formación sobre el módulo: « hacia el descubrimiento del mundo que nos rodea, las ciencias en la escuela », en la cual intervinimos. El autor de este informe (Mazenq, 2009), se interesa en su trabajo a la vida vegetal, a la manera cómo los niños de Gran Sección de Maternal conceptualizan el proceso de germinación. Esta investigación muestra así que la propuesta (teórica, metodológica y de evaluación) es aplicable a las prácticas educativas francesas actuales.

. INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans de nombreux pays, l'introduction des sciences dans les classes enfantines (en France, l'école maternelle ; en Espagne, la educación infantil ; en Argentine la educación inicial) se justifie par toutes sortes de considérations : éveil de la curiosité et des vocations, développement des capacités perceptives, des habiletés motrices, du langage et du raisonnement, de la socialisation – cf. les directives du Ministère de l'Education Nationale « découvrir le monde à l'école maternelle », Coquidé-Cantor et Giordan (2002). Dans cette étude, nous nous contenterons de questionner les liens entre l'éducation scientifique et le développement intellectuel du jeune enfant. En effet, s'il existe un certain nombre d'études concernant les pré-adolescents et les adolescents, très peu d'études concernent les jeunes enfants (alors même qu'ils sont actuellement la cible de projets innovants, « La main à la pâte », par exemple).

Il est communément admis que les pratiques scientifiques sollicitent des activités intellectuelles de haut niveau et que, par conséquent, l'enseignement scientifique jouerait un rôle stimulant pour le développement des compétences intellectuelles, surtout à l'adolescence (Carretero, 1991 ; Glynn, Yeany & Britton, 1991 ; Pozo & Carretero, 1992 ; Gunstone, 1994 ; Khun, Amsel & O'Loughlin, 1988 ; Zimmerman, 2005) mais également chez les très jeunes enfants (Eshach & Fried, 2005), même si au niveau préscolaire les auteurs reconnaissent la très grande difficulté de cet enseignement. Mais, affirment-ils, difficile ne veut pas dire impossible.

Le raisonnement par test d'hypothèse, le raisonnement causal, la construction et l'utilisation de modèles, la métacognition sont les aspects fréquemment évoqués comme étant particulièrement impliqués dans l'activité scientifique. Sur le versant des exigences intellectuelles, sont évoqués la rigueur, la concision, la précision et le souci de la preuve,

parfois l'imagination et l'audace, toutes qualités supposées sous-tendre cette activité. Si globalement, on a pu établir des corrélations entre les épreuves de raisonnement ou d'évaluation de la pensée formelle et la réussite à des épreuves de connaissances en sciences, le lien n'est cependant pas plus élevé que pour toute autre domaine de connaissances, ce qui signifie qu'on n'a pas pu identifier de compétences spécifiques à la réussite en sciences (Adey, 1989). En somme, l'apprentissage des sciences requiert de l'intelligence, au même titre que tous les apprentissages.

S'il existe de nombreuses études de type corrélationnel visant à établir des relations entre des habilités intellectuelles spécifiques (raisonnement causal, combinatoire, probabilité, épreuves de conservation, etc.), peu d'études sont parvenues à montrer que l'enseignement scientifique favorisait le développement de capacités cognitives spécifiques (Padilla, Okey, & Garrard, 1984). Encore plus rares, semble-t-il, sont les études qui se sont fixées comme objectif prioritaire d'établir un lien entre apprentissages scientifiques et développement intellectuel. Cet état de fait est tout à fait compréhensible, si on considère que le développement intellectuel est multidéterminé et qu'il est de fait impossible d'isoler les facteurs susceptibles d'en rendre compte (Vergnaud, 1994). D'autre part, on est loin de disposer d'une théorie du développement qui fasse consensus et qui permettrait d'opérationnaliser les transformations du psychisme résultant d'activités scolaires (Kayoko, 1993 ; Marti, Garcia-Mila, Steren, & Gomez-Grannell, 1996 ; Baquero, 2009). Enfin, quel que soit le modèle de développement intellectuel convoqué, les transformations attendues s'effectuent sur le long terme, ce qui est incompatible avec la nécessité de contrôler l'ensemble des paramètres supposés intervenir. Ainsi, si l'on considère par exemple, le développement du raisonnement hypothético-déductif, ce n'est qu'à l'adolescence qu'il se manifeste à une large échelle au sein des populations scolaires, avec des différences interindividuelles très importantes. Cette donnée a justifié, à l'époque où la théorie

piagétienne du développement était la référence majeure en éducation, que le début de l'enseignement scientifique intervienne à l'adolescence, à un moment où les enfants étaient supposés avoir atteint un niveau intellectuel leur permettant d'accéder à des concepts formels et aux modes de raisonnement associés (Weil-Barais, 2005). De nombreux auteurs ont cependant montré qu'avant cette période, les enfants manifestaient des capacités à isoler des facteurs et à concevoir des expériences permettant de se prononcer sur leurs effets (Cauzinille-Marmèche, Mathieu & Weil-Barais, 1983 ; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988). Les conditions dans lesquelles ces capacités se développent restent toutefois peu cernées. Une étude déjà ancienne (pilotée par Adey en Grande Bretagne – Adey, 1992) où ont été comparés des enfants (entre 11 et 13 ans) ayant bénéficié d'un enseignement scientifique à ceux d'enfants n'en ayant pas bénéficié, n'a pas permis de mettre en évidence de différences, en termes de niveaux de développement à des épreuves piagésiennes. Toutefois, dans ce type d'étude qui porte sur des populations d'enfants importantes, on ne connaît pas exactement quelle est la nature des activités conduites en classe par les enfants. Or on sait que des contenus similaires peuvent susciter des activités intellectuelles différentes plus ou moins exigeantes au plan du fonctionnement de la pensée, selon les problèmes soumis aux enfants et les modes de tutelle des enseignants (Weil-Barais & Bouda, 2004). Adey (1992) a d'ailleurs montré des différences au plan des performances des enfants, associées au fait que les enseignants avaient suivi ou non une formation concernant le développement intellectuel des enfants, ce qui atteste du rôle que jouent les enseignants dans ce développement.

Lorsqu'on s'intéresse aux effets produits par l'initiation scientifique auprès de jeunes enfants, ce qui est notre cas, on accepte *de facto* la thèse vygotskienne selon laquelle l'apprentissage stimule le développement (Weil-Barais, 1994, 2004). En effet, les jeunes enfants ne disposent pas encore des opérations de pensée et des habiletés impliquées

dans l'activité scientifique (Khun, Amsel & O'Loughlin, 1988 ; Eshach & Fried, 2005). Ils sont loin de pouvoir maîtriser les concepts scientifiques et également loin de construire et de raisonner sur des représentations, ce qui nécessite de pouvoir se détacher des aspects affectifs, émotionnels, perceptifs et sensori-moteurs (Bachelard, 1934). Toutefois, on s'attend à ce que les sollicitations dont ils sont l'objet à l'occasion d'activités qui leur imposent un contrôle des actions et des perceptions, des exigences d'intelligibilité et de partage des représentations et des explications, les amènent à évoluer au plan intellectuel. C'est en ce sens que l'apprentissage précéderait le développement (Vygotski, 1934- 1985). Pour que cette proposition très générale, partagée maintenant par de nombreux auteurs, devienne opérationnelle, il est cependant nécessaire de spécifier les conditions de l'apprentissage et la nature des compétences intellectuelles supposées être construites ou transformées par les activités proposées aux enfants dans le cadre de l'enseignement des sciences (Weil-Barais, Lemeignan & Séré, 1990). Ceci suppose de disposer d'au moins quatre catégories de modèles : un modèle des connaissances, un modèle des activités cognitives afférentes, un modèle de l'intervention didactique et un modèle des compétences supposées se former. En effet, si on veut être à même de pouvoir mettre en relation l'apprentissage avec le développement intellectuel, les trois termes du système d'apprentissage doivent être spécifiés (la connaissance, la médiation pédagogique et l'activité du sujet) ainsi que le modèle de développement utilisé (Weil-Barais, 2004).

La recherche doctorale présentée dans ce mémoire s'interroge sur le rôle de l'éducation scientifique dans le développement intellectuel du jeune enfant. Cette question est abordée à partir des apports théoriques de Piaget et de Garcia (1983) concernant les transformations de la lecture du monde au cours de la psychogenèse et ceux de Vygotski (1934- 1985) relatifs à la conception de l'origine sociale de la pensée, notamment le rôle du

milieu éducatif et son influence dans les processus de pensée (médiation et tutelle, médiation sémiotique).

Notre travail se situe donc au carrefour de plusieurs champs, celui de la psychologie du développement cognitif, celui de la psychologie de l'éducation et celui de la didactique de sciences.

Notre objectif premier est d'étudier la relation entre initiation scientifique et développement intellectuel par l'analyse de différents processus à l'origine du changement conceptuel. Nous faisons l'hypothèse de l'intervention de trois types de processus qui sous-tendent l'évolution intellectuelle : a) des processus internes au sujet, b) des processus externes au sujet (milieu, situations-problèmes, le phénomène physique auquel l'enfant va être confronté...) ; et c) des processus interactionnels.

Dans une première partie du mémoire (chapitres 1 à 3), nous exposons les aspects théoriques ayant servi à la construction de la thèse. Nous proposons dans le premier chapitre une revue non exhaustive des théories du développement cognitif en interrogeant le positionnement des grands théoriciens du développement à propos de la relation entre apprentissage et développement. Ce chapitre permet de nous positionner au sujet de cette mise en relation et de faire des choix raisonnés concernant les aspects de la pensée qui apparaissent cruciaux dans le développement, à savoir : la conceptualisation.

Le deuxième chapitre présente les recherches concernant l'évolution de la conceptualisation du réel chez l'enfant entre cinq et onze ans. Le point central du chapitre est consacré à l'étude des travaux qui tentent de mettre en évidence les déterminants de l'évolution conceptuelle.

Le troisième chapitre fait état d'une réflexion sur le choix des phénomènes explorés dans la thèse : le phénomène physique de la formation des ombres, puis le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre.

La seconde partie présente les investigations empiriques réalisées ; elle est composée de six chapitres. Le quatrième chapitre est consacré à la méthodologie. Ils sont exposés les principes généraux qui ont guidé l'élaboration de référentiels développementaux ainsi que les procédures d'apprentissage.

Dans les cinquième et sixième chapitres sont présentés les référentiels développementaux à propos du phénomène physique de la formation des ombres. L'un concerne les enfants de l'école maternelle, l'autre ceux de l'école primaire. Les deux référentiels, ont pour nous, la fonction principale d'être une source d'information essentielle pour toute comparaison ultérieure, il convient de disposer des données comparatives pour apprécier l'évolution développementale résultant du processus d'enseignement-apprentissage par rapport à celle qui de toute façon existe.

Le septième chapitre fait état de la méthodologie de l'intervention psycho-didactique à propos du phénomène physique de la formation des ombres.

Le huitième chapitre présente l'évaluation de l'impact de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène physique de la formation des ombres sur le développement conceptuel des enfants. Sont mis en correspondance les résultats de notre groupe expérimental avec ceux des référentiels développementaux afin de quantifier l'évolution. Le corpus de l'intervention psycho-didactique a été également analysé afin de tenter d'expliquer les déterminants de l'évolution conceptuelle observée.

Pour finaliser notre volet empirique il nous a semblé intéressant de rendre compte dans ce mémoire d'une première expérimentation à propos du phénomène physico-chimique de la

fabrication du beurre (chapitre 9). Le choix s'est porté sur ce phénomène du fait qu'il présente une difficulté supplémentaire qui est celle de travailler sur des entités imaginées et non plus sur des entités visibles comme c'est le cas pour le phénomène de la formation des ombres. Pouvoir expliquer la transformation visible de la matière (crème en beurre) par un transfert d'énergie qui modifie l'objet implique un traitement cognitif beaucoup plus coûteux au plan inter et intrapsychique. Cette dernière expérimentation a un statut exploratoire : il s'agit de tester la faisabilité, dans la perspective ultérieure de pouvoir évaluer si les progrès des enfants observés dans la séquence ombre relèvent bien d'un processus de développement et pas uniquement d'un processus d'apprentissage.

En conclusion, nous faisons une synthèse des résultats, nous présentons l'apport de notre travail et nous suggérons des perspectives pour un travail ultérieur.

Tout au long du texte, nous avons distingué les photos illustrant les contextes d'activité, les figures et les tableaux de données. Les index, situés en fin de volume permettent aux lecteurs de se repérer dans cet ensemble. Les données correspondant aux réponses des enfants lors des entretiens (productions verbales, dessins et constructions pragmatiques constituant les référentiels développementaux) ainsi que les données relatives aux deux séquences d'enseignement-apprentissage conçus dans le cadre de la thèse se trouvent sur 4 CD-ROM joints au mémoire (seulement dans les exemplaires destinés aux membres du jury). En encart sont récapitulées les catégories d'analyse des réponses des enfants ainsi que les patterns de réponse (seulement dans les exemplaires des membres du jury).

De façon à faciliter la lecture du mémoire, nous présentons de manière synthétique l'ensemble du travail de thèse (*cf.* figure 1).

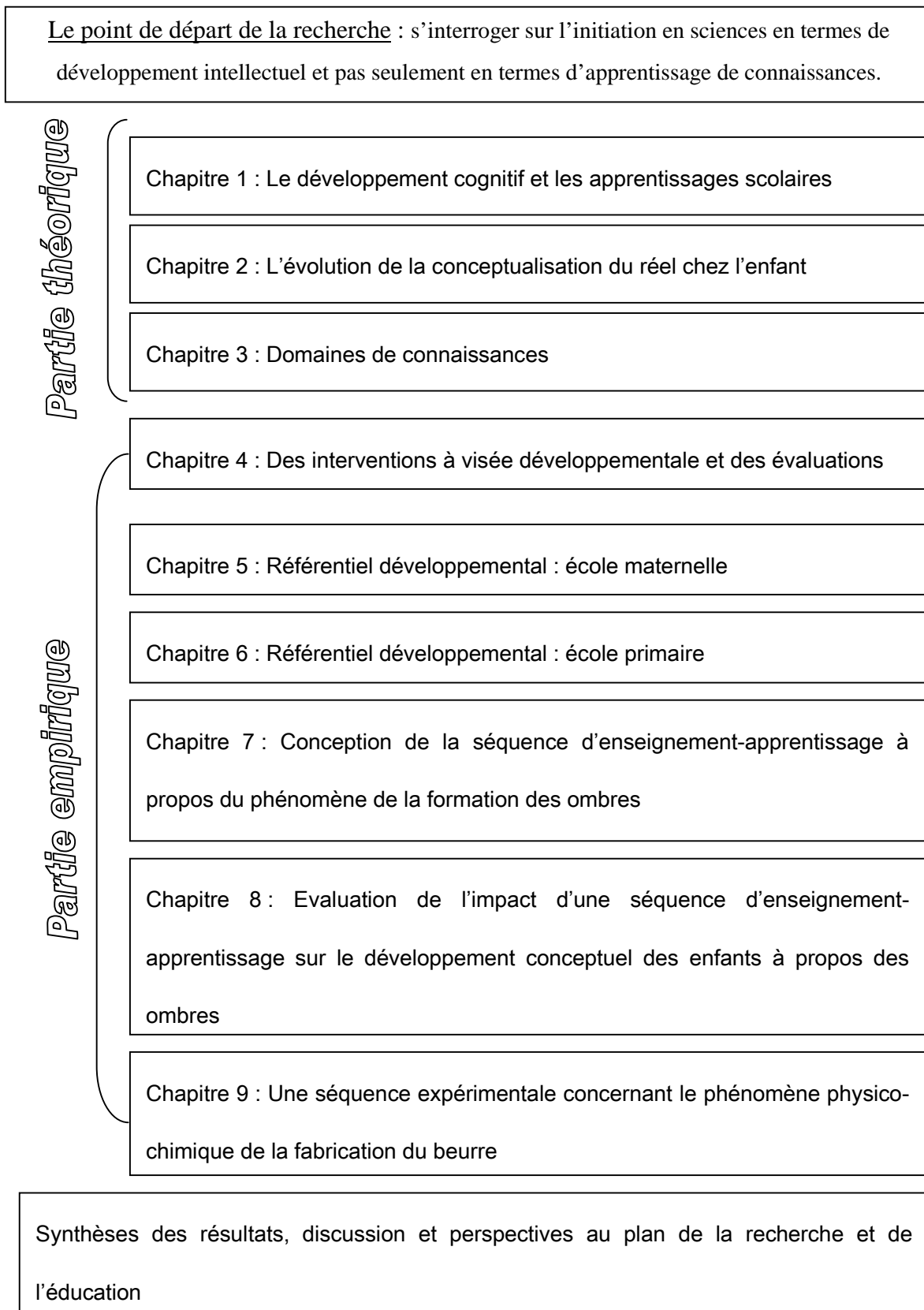


Figure 1 : Structure de la thèse

**. PREMIÈRE PARTIE :
DÉVELOPPEMENT, APPRENTISSAGE ET
CONCEPTUALISATION DU RÉEL**

CHAPITRE 1. LE DEVELOPPEMENT COGNITIF ET LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous interrogeons les théoriciens de référence du développement cognitif de l'enfant concernant leurs modèles du développement cognitif, la place accordée dans leurs théories aux apprentissages scolaires ainsi que leurs conceptions du monde en tant qu'objet de connaissance.

1. Introduction

La question du rapport entre développement intellectuel et apprentissage intéresse tout autant la psychologie du développement que la pédagogie. Cette question est assez ancienne puisque « les grands pédagogues » ont fait référence à la nécessité d'avoir des connaissances sur le développement intellectuel de l'enfant pour penser les conditions d'apprentissage. La psychologie du développement se développe, entre autres, du fait du besoin de pédagogues de centrer leur attention sur les intérêts de l'enfant à chaque étape de son développement, savoir comment l'enfant se développe afin d'en avoir une meilleure connaissance pour mieux concevoir la pédagogie. C'est toute l'idée du mouvement d'éducation nouvelle, un mouvement d'idées et d'expérimentations très diverses. Un courant qui repose sur une philosophie de l'humain, une façon d'appréhender le monde et les individus, une manière de concevoir le développement de l'enfant (Ferrière, Montessori, Decroly, Cousinet, Pestalozzi, Claparède, Freinet...). Ce chapitre poursuit trois objectifs : clarifier le concept d'apprentissage en contexte scolaire ainsi que celui du développement

cognitif, avoir un regard critique et réflexif sur les différentes théories du développement à propos des rapports entre apprentissage et développement, en dernier lieu analyser la place octroyée à la conceptualisation du réel.

2. Apprentissage et développement

Dans la thèse présentée dans ce mémoire, nous concevons le développement intellectuel et l'apprentissage en contexte scolaire comme étant deux processus qui se différencient. Nous introduisons ci-après des éléments descripteurs de ces deux concepts retenus dans la thèse.

2.1. Apprentissage en contexte scolaire

Modification, changement, progrès... Dans l'apprentissage conçu comme un processus de changement, il est généralement entendu que la modification consiste en un progrès, un processus dans lequel l'enfant intègre des schèmes nouveaux à ses structures cognitives, faisant référence ainsi à une transformation d'ordre structurelle. Penser l'apprentissage en termes de processus de changement a pour conséquence de l'envisager dans une temporalité longue, à l'échelle développementale.

Par ailleurs, nous concevons l'apprentissage comme étant constitué de deux types de composantes : d'une part, les conditions psychologiques et, d'autre part, les conditions sociales. Ces deux composantes sont impliquées dans le processus d'enseignement-apprentissage et sont en interdépendance.

Quand nous faisons référence aux conditions psychologiques nous parlons de composantes cognitives, conatives et affectives. Les premières font référence à la représentation, au raisonnement, à la mémoire, à l'attention, à la transformation, ainsi

qu'aux mécanismes censés sous-tendre ces transformations chez l'enfant. Les secondes correspondent à la motivation (qui influence le degré d'investissement dans la tâche), la confiance, l'estime, l'image de soi. Pour les troisièmes, il s'agit de la relation de l'enfant avec ses pairs, avec l'enseignant, avec l'école, avec le savoir...

Quand nous faisons référence aux conditions sociales, nous parlons de composantes en lien avec le milieu culturel (famille, représentation de l'école dans la famille, niveau socioprofessionnel des parents) ; au contexte scolaire (l'école, l'enseignant, les savoirs en jeu, les situations-problèmes, les activités, le degré de difficulté des tâches proposées par l'enseignant, la conception de l'enseignant au sujet « d'apprendre », de « faire apprendre », ainsi que celle du développement cognitif, de la médiation et de la tutelle pédagogiques). Tous les éléments évoqués (*cf.* figure 2) font partie de la conception de l'apprentissage que nous allons retenir pour notre étude. Nous allons nous centrer sur l'étude des composantes cognitives et sociales, sans écarter l'influence de composantes conatives et affectives mais sans pour autant les analyser dans notre étude.

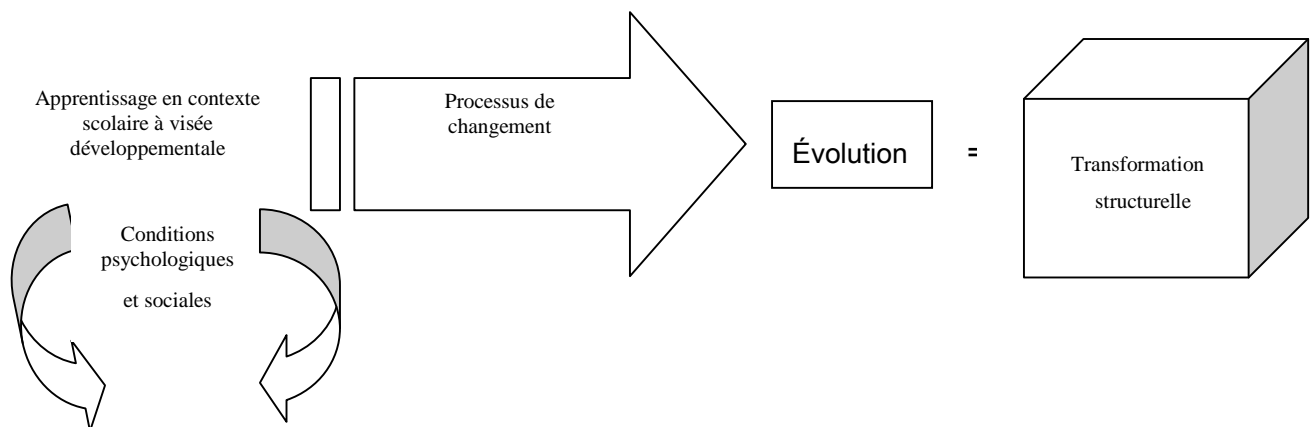


Figure 2 : Éléments d'analyse de l'apprentissage retenus dans notre étude

2.2. Développement cognitif

La question du développement, comme le souligne Marti (2005), n'est pas une propriété quelconque du comportement humain. Le développement est un élément essentiel, constitutif dans la construction d'un être, puisque aucun comportement ne peut être pris en compte de façon isolée. Selon Marti, tout comportement doit être mis en relation d'une part, avec le processus de changement par lequel ce comportement a vu le jour et, d'autre part, avec les comportements plus complexes qu'il est censé engendrer dans le futur.

Selon Bronckart, le développement est une « notion très générale qui désigne l'ensemble des processus de transformation qui affectent soit les organismes vivants, soit les institutions humaines (société, culture, économie, etc.) soit encore leurs différentes propriétés. Dans la plupart des cas ce terme est porteur de connotations continuistes et finalistes, et est alors proche de celui d'évolution ; le développement conduit l'entité concernée d'un état initial réputé simple ou primitif à un état final considéré comme plus complexe, plus stable, voire comme définitif » (Bronckart, 1991, p. 197). De cette définition de Bronckart, nous retiendrons pour notre étude la référence à un processus de changement marqué par une évolution et, nous ajouterons que ce changement a trait à une transformation d'ordre structurel. Par ailleurs, nous retiendrons une conception du développement centrée sur le développement conceptuel. Concernant ce point, nous ferons référence à Vergnaud. Il postule que l'activité du sujet est au centre dans la formation des invariants puisque l'action engendre les transformations permettant ainsi la construction de premiers invariants. Il met en avant non seulement les actions du sujet sur les objets mais aussi les inférences effectuées par le sujet et il ajoute : « c'est ce double travail sur les objets d'une part, sur les invariants d'autre part qui permettent d'assurer progressivement l'adéquation des seconds aux premiers et enrichir progressivement la

représentation » (Vergnaud, 1987, p. 828). Le processus de développement est donc assuré par l'évolution de la conception de l'enfant à propos du monde qui l'entoure, par la conceptualisation du réel. Vergnaud définit le concept comme étant l'interaction entre trois ensembles : a) l'ensemble des références qui donnent du sens au concept, b) l'ensemble d'invariants opératoires constitutifs des concepts et c) l'ensemble de signifiants (systèmes symboliques) qui vont permettre de symboliser le concept ainsi que ses propriétés et les situations (nous reviendrons sur cette définition de manière plus approfondie dans le chapitre 2).

Si le développement conceptuel est porteur de développement, alors l'enseignement-apprentissage des concepts peut être porteur de développement (sous certaines conditions). Dans ce cas, quelle articulation peut être envisagée entre apprentissage et développement ?

Dans le point suivant nous allons interroger les théoriciens du développement cognitif, afin d'analyser leurs conceptions face à cette possible mise en relation.

3. Développement intellectuel et apprentissages dans les grandes théories du développement

Plusieurs psychologues proposent des modèles du développement cognitif chez l'enfant qui intègrent l'étude des facteurs externes à l'individu tel l'apprentissage des connaissances. Ces théories donnent une place, plus ou moins importante à l'influence des facteurs éducatifs provenant du milieu.

Le rappel théorique que nous présentons nous permet, d'une part, de déterminer un cadre afin de pouvoir interroger les rapports entre développement et apprentissage et, d'autre

part, de justifier le choix du champ de connaissances exploré dans la thèse (sciences physiques). Nous avons choisi d'étudier deux types de thèses : celles de psychologues qui pensent cette relation en termes de prévalence des déterminants internes (Piaget et les néo-piagetiens) et celles de psychologues qui pensent la dite relation en termes de prévalence des déterminants externes (Wallon et Vygotski). L'interaction entre le sujet et le monde physique et social est en effet conceptualisée de manière différente par ces grands théoriciens du développement.

3.1. Piaget

D'après ce psychologue, le modèle du système cognitif se base sur une conception dans laquelle l'importance est donnée aux modifications internes du sujet dans le processus de développement. Piaget maximise l'activité du sujet sans minimiser l'influence du milieu : l'enfant construit son intelligence en agissant sur son environnement physique et social, l'enfant donne du sens. La thèse fondamentale de la psychologie éducative de Piaget est que l'enfant se construit autant dans l'interaction avec les objets physiques que dans l'interaction avec les autres (Xypas 1997).

Le développement cognitif

Pour Piaget, le développement cognitif est un développement logique, un développement des structures : le développement de l'intelligence. Il définit l'intelligence comme étant la recherche d'une solution non inscrite dans les données immédiates ; cette recherche implique la création d'un schème nouveau à l'occasion de la rencontre avec un objet qui pose problème, mais un problème « dépassable » puisqu'il y a accommodation (Chalon Blanc, 1997). De plus, l'intelligence dans toute la théorie piagétienne est la forme la plus générale des coordinations d'actions intériorisées ; selon Piaget, les actions intériorisées se rapportent aux actions exécutées mentalement. Penser l'intelligence sous la forme

d'actions exécutées mentalement et coordonnées entre elles, c'est mettre au centre la réversibilité de la pensée, en tant que ressort fondamental de l'intelligence. La réversibilité de la pensée désigne les coordinations entre l'action directe et celle qui l'annule (son inverse) ou entre l'action directe et celle qui la compense (sa réciproque). Une pensée réversible a la possibilité de dérouler une action dans les deux sens (de A à B et de B à A) ; elle désigne donc la capacité de retour. La réversibilité est le contraire d'un retour empirique : la pensée réversible qui retourne en arrière ou va de l'avant évoque ou anticipe parfaitement les résultats.

Il est cependant important de garder à l'esprit que le programme initial de recherche de Piaget est un programme épistémologique centré sur la genèse de connaissances, c'est-à-dire, sur le fait de pouvoir retracer l'histoire d'un concept en partant de son état final pour retrouver toutes les étapes ayant permis d'y accéder. Pour Piaget, cette forme finale ou structure n'est pas fermée. La forme finale est une sorte de compétence modélisée susceptible d'engendrer des contenus de pensée pouvant se renouveler et se dépasser. Le dépassement constant est dû à l'abstraction réfléchissante. L'abstraction est la capacité d'isoler une propriété commune à partir d'objets différents. Précisons toutefois que les différentes natures des propriétés permettent de distinguer deux types d'abstraction : « empirique et réfléchissante ». L'abstraction empirique constitue la capacité d'isoler des propriétés inscrites sur les objets, ceci impliquant une lecture d'un réel perçu (lu), discriminé sans plus. Au contraire, l'abstraction réfléchissante renvoie à la capacité d'abstraire des propriétés non inscrites dans les données perceptives mais construites par le sujet et « projetées » par lui dans le réel, l'objectif étant de donner du sens, de l'intelligibilité. Afin de comprendre comment se construisent et s'accroissent les connaissances tout au long du développement, Piaget explore la pensée de l'enfant à propos du monde physique, du rapport au réel (Piaget, 1923 ; 1924 ; 1926 ; 1927 ; 1932 ;

1947 ; 1978). Dans ses nombreuses publications, il met en avant chez les jeunes enfants : l'absence de logique des relations, une grande difficulté à prendre un point de vue objectif, c'est-à-dire exocentré. La pensée enfantine est caractérisée, selon Piaget, par l'égoцентризм qui empêche la décentration. Cette possibilité de décentration se fait progressivement au cours du développement dans ce que Piaget appelle la socialisation de la pensée caractérisée par la prise de conscience, la coopération, le respect mutuel, l'objectivité, le changement de point de vue...

Le concept de coopération, dans la socialisation progressive de la pensée, est mis en avant par Piaget en tant que rapport social sans aucun élément d'autorité ; c'est par ce procédé que le sujet construit des opérations intellectuelles avec l'autre, en cherchant ce qui est vrai au plan du savoir. Piaget accorde à ce procédé un rôle essentiel dans le développement de la logique.

Un modèle bi ou tripolaire ?

Il est souvent admis un modèle bipolaire sujet-monde dans la théorie piagétienne. Xypas (1997), en prenant appui sur les écrits de Piaget en Psychologie Génétique, et sur ceux en éducation produits au Bureau International d'Éducation (BIE) et à l'Unesco, met en avant un véritable modèle tripolaire que nous avons synthétisé dans la figure 3.

Trois composantes sont prises en compte :

- l'action directe de chaque enfant sur l'objet ;
- une forme particulière d'interaction sociale qu'il nomme coopération et qui se traduit par le travail en équipe et ;
- la guidance de l'enseignant.

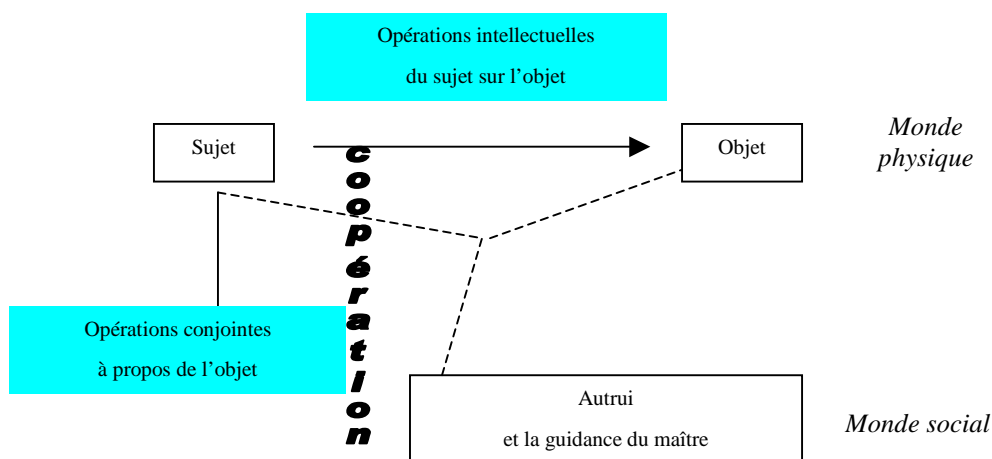


Figure 3 : Modèle tripolaire dans la théorie piagétienne

Piaget prône dans le développement des capacités intellectuelles (sujet-objet) la décentration par la coopération (sujet-autrui-objet) ainsi que le conflit de centrations, en mettant en avant le rôle de l'enseignant en tant que médiateur (Xypas, 2001) donnant ainsi à l'éducation une fonction de « guidance ». Le rôle du maître est de guider l'apprentissage, de fournir à l'enfant des occasions d'expérimenter, de vérifier ses hypothèses. L'action du sujet sur l'objet et la coopération avec autrui produisent les conditions nécessaires, selon Piaget, à l'apprentissage. Ainsi le constructivisme piagétien, d'après Xypas, montre sa dimension sociale dans la place de l'autre en tant que pair mais aussi dans l'action de l'adulte en tant que condition nécessaire à la construction et au développement de capacités intellectuelles chez l'enfant. Xypas fait l'hypothèse que toute cette réflexion de Piaget est basée sur son expérience de vie, notamment à propos de ses rencontres avec Godet, Cornut et Reymond. Godet, malacologue, directeur du Musée d'Histoire Naturelle de Neuchâtel initie Piaget à la précision de l'observation naturaliste. De son côté, Cornut, parrain de Piaget et homme de lettres, lui enseigne la philosophie. Il lui parlait de

« L'évolution créatrice de Bergson », lors des vacances au Lac d'Annecy. Enfin pour Reymond, maître de Piaget et philosophe ; l'enseignement de l'histoire des sciences et la place de l'histoire des sciences dans l'enseignement, étaient ses préoccupations majeures.

Le développement intellectuel et l'enseignement des sciences naturelles

Nous allons nous intéresser à la prise de position de Piaget au sujet de l'apprentissage et sa relation avec le développement des compétences intellectuelles. En prenant appui sur la XII Conférence Internationale de l'Instruction Publique sur le thème de l'initiation aux sciences naturelles à l'école primaire, qui a eu lieu à Genève, en 1949. Piaget, en tant que Directeur du BIE, a eu la tâche de tirer des conclusions de 20 ans de recherche sur la genèse et la construction des invariants physiques, en mettant en avant les conséquences pour l'éducation et l'apprentissage. Nous ferons ci-après état de deux points fondamentaux :

- le but essentiel de l'enseignement est la formation d'une intelligence active, apte au discernement critique et personnel ainsi qu'à la recherche constructive ;
- l'enseignement des sciences joue un rôle très important depuis le plus jeune âge chez l'enfant, puisque cet enseignement réunit deux conditions primordiales : favoriser l'activité libre de l'enfant et développer l'esprit scientifique par l'expérimentation.

Piaget met en avant l'intérêt du point de vue pédagogique de la connaissance du développement de l'enfant à propos de la construction spontanée de notions physiques (quantité, poids, volume ...), qui se font, selon lui, en fonction d'une loi de développement psychologique relativement stable.

Selon Piaget, cette relation entre développement et apprentissage est une relation dans laquelle les méthodes pédagogiques peuvent favoriser le développement mais il convient qu'elles s'ajustent aux capacités d'assimilation propres à chaque stade d'élaboration des structures cognitives. A ce propos, Inhelder et al. (1974), attirent l'attention sur le fait que dans l'article sur « Apprentissage et connaissance » Piaget (1959), celui-ci introduit une distinction entre apprentissage *sensu stricto* et apprentissage *sensu lato*. En effet, il fait remarquer que le premier est toujours subordonné au second, et que c'est l'apprentissage *sensu lato* qui comprend les lois du développement.

En résumé, nous retiendrons des conceptions piagésiennes la possibilité d'une convergence entre les mécanismes formateurs des opérations intellectuelles et les pratiques d'enseignement-apprentissage.

Le réel en tant qu'objet de connaissance

Pour Piaget, dans le développement cognitif, ce qui se développe est la conceptualisation du réel. En effet, pour que ce réel perceptif puisse avoir le statut d'objet de connaissance, il va falloir dépasser l'expérience immédiate. A ce sujet, Piaget écrit que : « ...Le réel consistant au départ en observables directement atteints par la perception, chacun croit le connaître, et, lorsqu'un fait se répète avec quelque généralité, il est par là même conçu comme nécessaire et seul possible en son domaine. Pour éprouver le besoin de vérifier qu'il est réellement tel qu'il paraît, la condition préalable est donc de dépasser le réel, d'imaginer d'autres possibles et par conséquent d'inventer des problèmes sur des points où il semble qu'il ne s'en pose aucun... » (Piaget & Garcia, 1983, p.102). Alors, comment se traduit l'évolution du traitement du réel au plan intellectuel selon Piaget ? D'après Piaget, l'enfant est face à deux types d'expériences, propos déjà avancé dans ce chapitre : a) une expérience simple ou empirique lui permettant de connaître un réel perçu, discriminé,

identifié (forme des objets, couleur, taille...) grâce à l'existence d'une capacité appelée « abstraction empirique », et b) une expérience pouvant être qualifiée de logique, dans laquelle l'enfant va pouvoir construire des propriétés relationnelles, produire des actions intériorisées et coordonnées appelées « opérations », grâce à l'existence d'une « abstraction de type réfléchissante » ; ces deux formes d'abstraction résultant de processus de constructions spécifiques.

Concernant « l'abstraction empirique », Piaget souligne que, dans cette façon d'approcher le réel, l'enfant est face à des propriétés statiques renvoyées par les objets. De ce fait, celui-ci va chercher la « vérité » dans les figures, dans les configurations ; ce type d'expérience va donc stimuler les aspects figuratifs de la pensée pouvant soit induire l'enfant en erreur, soit le faire rester dans une approche de type discontinue, c'est-à-dire une approche dans laquelle les propriétés des objets peuvent se « juxtaposer, se succéder » sans qu'aucune relation de continuité puisse être établie par l'enfant (la continuité entre les différents objets qui suppose un traitement de type relationnel est alors encore en dehors du système de pensée de l'enfant). Ce type d'expérience relève, comme nous l'avons indiqué précédemment, de l'abstraction empirique. Cette première approche du réel est nécessaire d'après Piaget mais elle n'est pas suffisante pour pouvoir atteindre la conceptualisation. Nécessaire puisqu'elle donne des informations non organisées mais prêtes à être modifiées, ces informations vont être la base de futures expériences plus dynamiques lors de la mise en place de l'abstraction réfléchissante. L'abstraction réfléchissante est un processus qui comporte deux aspects : le réfléchissement (transposition des éléments d'un niveau inférieur à un niveau supérieur) et la réflexion en tant qu'acte mental de reconstruction et de réorganisation du réel (Piaget, 1977). Elle est considérée par Piaget comme l'activité autocréatrice de la pensée. La mise en place par l'enfant des relations ou des opérations traduit des aspects opératifs de la pensée, une

pensée mobile prête à se réorganiser face à de nouveaux problèmes, de nouvelles situations ou de nouvelles informations.

En résumé, le réel en tant qu'objet de connaissance demande à l'enfant une capacité intellectuelle qui implique de sortir du cadre purement perceptif pour construire des propriétés qui ne sont jamais données à la perception. Ces constructions intellectuelles permettent de donner une intelligibilité à ce réel : pouvoir comprendre, expliquer, mettre en relation afin de trouver une signification en introduisant de la continuité dans le discontinu, c'est-à-dire en ayant une approche relationnelle dans laquelle les différents objets et leurs propriétés construites par l'enfant sont reliés formant un continuum.

Dans le souci de clarifier les propos de Piaget, nous prendrons pour exemple celui de la construction de classes logiques, pour répondre à la question : comment introduit-on de la continuité dans le discontinu ? Une classe logique n'est jamais donnée à la perception : nous pouvons percevoir « un schéma situationnel » mais une classe logique est une création pure du sujet. Le schéma situationnel peut être défini comme étant un objet global qui existe dans le réel physique. A ce titre, il peut être figuré de manière analogique : dessin, photo, film... Par contre, la classe logique nécessite une construction au niveau intellectuel. Il faut en effet réunir en pensée des éléments existant de manière discontinue dans le réel physique et présentant au moins une propriété commune. Ces éléments ne sont donc pas des « êtres physiques », même si les classes elles-mêmes sont composées d'objets concrets. Au plan de la pensée, les classes sont indépendantes des configurations spatiales issues de la réalité.

3.2. Case, un modèle néo-piagétien du développement

Après Piaget, nombreux ont été les psychologues qui se sont impliqués dans la recherche de nouvelles explications des processus de développement cognitif chez l'enfant tels,

McLaughlin, 1963 ; Pascual-Leone, 1970 ; Biggs et Collis, 1982 et Case, 1985. En général nous dirons que le postulat qui associe tous ces psychologues est le suivant : « l'idée selon laquelle la capacité de raisonnement des enfants se définit par le nombre de concepts qu'un enfant peut considérer simultanément, qui dépendrait de leur empan mnésique » (Blaye & Lemaire, 2007). A la suite de Pascual-Leone qui a conçu l'espace-M (nombre de schèmes séparés que les enfants peuvent combiner) comme étant la façon de définir la complexité des concepts, Case a introduit et défendu l'idée de l'influence de l'apprentissage sur le développement cognitif. Selon Case, l'apprentissage de concepts permettrait à l'enfant d'utiliser davantage et d'une façon mieux adaptée l'espace disponible en mémoire de travail en ce qu'ils permettraient de regrouper les informations.

Le modèle du système cognitif d'après Case

Pour Case, le système cognitif est constitué de structures et de processus de transition tous deux permettant d'expliquer le développement. L'évolution des structures conceptuelles centrales ou de base se concrétise de façon parallèle, dans tous les registres de la pensée (schémas figuratifs, opérations et structures de contrôle). Les structures conceptuelles centrales sont définies comme « un réseau interne de concepts et de relations conceptuelles qui joue un rôle central en permettant aux enfants de réfléchir sur un grand nombre de situations à un autre niveau épistémique » (Case & Griffin, 1990, p. 224).

Dans cette théorie du développement, l'enfant est considéré comme un *problem-solver*. Les structures logiques chez Piaget sont remplacées ici par des structures de résolution des problèmes ou structures conceptuelles de base. L'équilibration, moteur du développement dans la théorie opératoire, se traduit ici par deux facteurs : d'une part, la mémoire du travail dépendante de la maturation et de l'exercice, et d'autre part, l'action

continue des processus de résolution de problèmes qui activent la mémoire de travail, ainsi que les structures de contrôle, en les réélaborant en structures d'un niveau supérieur. Chez Case, le sujet peut se représenter un problème à résoudre ; l'objectif à atteindre est de mobiliser les stratégies pertinentes pour atteindre cet objectif. L'ensemble du processus de résolution de problème est mis en œuvre sous le contrôle de structures de contrôle exécutif à partir de structures conceptuelles centrales, celles-ci correspondent à des réseaux de concepts préalablement constitués, entre autres, grâce à la transmission sociale. Le point commun entre toutes les approches néo-structuralistes (Pascual-Leone, 1978 ; Rieben Ribaupierre, Lautrey, 1983) est que « l'invariant ou structure est défini par le degré de complexité des coordinations requises pour résoudre le problème posé » (Bideau & Pierre-Puységur, 1990, p. 43).

Le lien entre développement cognitif et apprentissage

Case (1985) avance l'idée que les changements conceptuels ne peuvent être imputés à la seule maturation. Il octroie une place à l'expérience externe mettant en avant l'éducation scolaire. Selon lui, le développement cognitif est sous l'influence des apprentissages que les enfants réalisent (Case, 1985). De son point de vue, il y aurait trois types d'enseignements essentiels pour aider au développement des structures conceptuelles centrales : l'apprentissage de l'arithmétique, celui de l'écrit et enfin de l'interprétation de textes. Case évoque l'idée que c'est dans l'interaction entre l'expérience scolaire et les structures cognitives que l'école peut contribuer au développement conceptuel central. Case exprime l'idée selon laquelle l'expérience scolaire va permettre aux enfants de mettre à profit les évolutions permises par la maturation. Pour Case, la prise en compte des apprentissages scolaires est un facteur déterminant. Toutefois il relève que le rôle de ces apprentissages est subordonné à la maturation.

3.3. Vergnaud, la théorie de champs conceptuels et les apprentissages scolaires

Pour Vergnaud (1991), la question centrale du développement cognitif est celle de la conceptualisation. C'est pourquoi il accorde un rôle fondamental à la construction des champs conceptuels, concept qui se distingue de celui de « réseau conceptuel ».

La théorie des champs conceptuels proposée par Vergnaud (1990) peut être traduite comme étant une théorie systémique puisqu'elle tient compte de la formalisation des connaissances, des opérations mentales et des situations. En effet, un champ conceptuel intègre les réseaux des concepts et des relations, des types de problèmes trouvant leurs solutions dans ce réseau, ainsi qu'un ensemble d'invariants opératoires de niveaux différents qui rendent compte des activités intellectuelles.

Vergnaud reprend une des thèses piagétienne, en postulant à son tour que l'activité du sujet a un rôle décisif dans la construction des invariants constitutifs des concepts. Deux raisons à cela ; d'une part, le sujet effectue des actions sur les objets et d'autre part, il fait des inférences par rapport aux objets, en relation avec les actions sur les objets. C'est dans cette dualité, qu'il assure en même temps, la construction des invariants et l'enrichissement progressif de la représentation (Vergnaud, 1987). Pour Vergnaud, dans l'expérience comme dans l'apprentissage, ce sont les schèmes qui s'adaptent aux situations. D'après lui, le couple schème-situation représente le couple théorique central de la psychologie du développement et de l'apprentissage. Le schème est l'unité de base de la pensée, c'est un système dynamique de représentation défini comme « une organisation invariante de l'activité pour une classe donnée de situation » (Vergnaud, 1996).

Selon Vergnaud, l'objet de la théorie des champs conceptuels est de fournir un cadre aux recherches sur les activités cognitives complexes, principalement sur les apprentissages scientifiques et techniques. C'est une théorie psychologique du concept, de la

conceptualisation du réel, qui permet de repérer et d'étudier les relations et les ruptures entre les connaissances du point de vue de leur contenu conceptuel. Dans ce cadre théorique, il est possible d'analyser la relation entre les concepts, en tant que connaissances explicites, et les invariants opératoires qui, eux, sont implicites dans les conduites des sujets en situation. De plus, cette approche conduit à s'intéresser aux relations entre signifiés et signifiants.

Vergnaud s'appuie sur le constructivisme piagétien, en prenant en compte la transformation de structures intellectuelles comme le résultat de l'activité du sujet confronté à des situations-problèmes. Il rejoint Vygotski, comme le relève Weil-Barais (2005), en considérant les registres de représentations symboliques : langage naturel, schémas, dessin, langage mathématique, etc. Sa théorie conduit à appréhender la complexité des objets d'apprentissage ainsi que leur dimension génétique.

En résumé, dans sa théorie des champs conceptuels, Vergnaud conditionne les apprentissages à des aspects pragmatiques, cognitifs et sémiotiques. De ce fait, toute acquisition est en relation avec les situations auxquelles l'enfant est confronté. Dans toute connaissance en construction se jouent des moments de rupture : c'est sur ce point que l'approche développementale prend tout son sens, dans la mesure où elle permet de décrire les étapes ainsi que les processus (Vergnaud, 1987). Ce sont des idées que nous retiendrons dans la construction de la thèse.

3.4. Wallon

Wallon est un psychologue qui a une approche de l'enfant en développement comme étant un ensemble en interaction, entre les contraintes neurobiologiques de maturation et d'adaptation d'une part, et les conditions sociales de relation d'autre part.

Le modèle wallonien fait référence à une conception du développement cognitif dans laquelle, les facteurs extérieurs jouent un rôle constitutif dans les changements internes du sujet. Il avance l'idée que, dans le développement du petit d'homme, s'affrontent et s'impliquent mutuellement des facteurs d'origine biologique et sociale. Wallon met l'accent sur la composante sociale en s'exprimant ainsi : « Il [l'individu] est génétiquement social ». (Wallon, 1959).

Le modèle du système cognitif d'après Wallon

La théorie wallonienne décrit une succession de stades caractérisant, à un moment donné, le développement de l'enfant par la prédominance de certaines fonctions ou de certains comportements. Ce développement est un processus discontinu, fait d'oscillations, de crises et de conflits. Les stades se suivent dans une alternance entre des phases centrifuges : construction de l'intelligence, développement des connaissances et, centripètes : construction et consolidation de la personne.

Le psychisme et ses relations aux milieux : rapport entre développement et apprentissage

Chez Wallon, l'étude du psychisme est centrée sur l'analyse de sa genèse par l'observation des conduites et activités par lesquelles le psychisme se constitue et se développe. Il insiste sur l'influence des milieux, en mettant en avant les occasions dans lesquelles l'enfant est face à des situations qui surgissent du milieu des personnes et des choses qui l'entourent : sa mère, ses proches, l'école, les objets. Dans son ouvrage « Les étapes de la sociabilité », Wallon (1952, 1985), met l'accent sur l'enfant scolarisé et relève l'importance de cette étape dans le développement des capacités intellectuelles et sociales. Il avance la nécessité de rattacher les opérations intellectuelles aux relations sociales accessibles aux enfants (Wallon, 1985, p. 124). Nous inférons dans cette vision le

lien que fait Wallon entre apprentissage et développement cognitif, le milieu étant là pour y apporter des éléments qui donneront une forme à la pensée, une pensée qui s'enracine dans les rapports de socialisation. La socialisation, pour Wallon se construit par coopération, mais aussi par exclusion, rivalité, et elle s'accompagne d'une individualité corrélative. Un point intéressant à considérer par rapport à l'enseignement concerne la dualité groupe-individu. L'action de l'enseignant est pensée comme une occasion de promouvoir le travail en équipe ; c'est dans ce type de travail au sein de l'école que le psychologue entrevoit des avantages considérables pour développer l'esprit d'initiative et de coopération chez les enfants.

Dans son ouvrage « L'étude psychologique et sociologique de l'enfant », Wallon écrit : « ...l'étude de l'enfant exigerait celle du milieu ou des milieux où il se développe. Impossible autrement de déterminer exactement ce qu'il leur doit et ce qui appartient à son développement spontané. Il est vraisemblable d'ailleurs qu'il ne s'agit pas d'apports distincts qui se juxtaposeraient, mais de réalisations où chacun des deux facteurs actualise ce qui est en puissance dans l'autre » (Wallon, 1947, p. 112). Wallon postule ainsi une interrelation entre développement et apprentissage avec une impossibilité de dissocier le développement spontané du développement qui résulterait des interventions du milieu social.

L'intelligence représentative : le réel en tant qu'objet de connaissance

Selon Wallon, la construction de la pensée est tournée vers des réalités extérieures. Ces réalités peuvent être présentes et actuelles constituant ce qu'il nomme « l'intelligence des situations » ou « intelligence pratique », ou bien absentes et imaginées, représentées, relevant de « l'intelligence représentative, discursive et de la connaissance ». Cette dernière est la véritable connaissance pour Wallon.

Le réel en tant qu'objet de connaissance n'est pas donné à la perception immédiate, il doit être représenté, construit, faire l'objet d'une élaboration. Wallon insiste sur la nécessité de l'engagement d'un sujet qui est situé socialement : sur ce point, Bautier et Rochex interprètent la pensée de Wallon en ces termes : « ... les constructions cognitives et symboliques ne sont possibles que par la relation avec autrui, par les outils de pensée en tant que systèmes symboliques résultant d'une histoire sociale » (Bautier & Rochex, 1999, p. 49). Sans le langage, la pensée est incapable de se développer. Ainsi, pour Wallon, l'échange dialogique avec l'adulte est l'endroit où se construit la pensée.

3.5. Vygotski

La théorie Vygotskienne est une théorie historico-culturelle du développement des fonctions psychiques supérieures. Le modèle Vygotskien, de même que le modèle wallonien, fait référence à une conception du développement cognitif dans laquelle les facteurs extérieurs jouent un rôle constitutif dans les changements internes du sujet. Vygotski met en avant l'importance des instruments psychologiques transmis par la culture, en particulier le langage naturel, ainsi que le rôle des échanges entre pairs dans la construction des compétences cognitives. Il donne un rôle à l'école en tant que vecteur de transmission de connaissances formelles notamment en ce qui concerne les concepts scientifiques.

Le modèle du système cognitif d'après Lev Vygotski

Pour Vygotski la pensée a une origine sociale ; il avance l'idée d'une sociabilité dès le plus jeune âge, qui serait le point de départ des interactions du sujet avec le monde social, lui permettant ainsi de se développer. De nombreuses recherches empiriques à la suite de Vygotski étayaient cette thèse (Bowlby, 1971 ; Schaffer, 1971 ; Zazzo, 1974 ; Lewis &

Rosenblum, 1974 ; Zaporozetz & Lissina, 1974 ; Tronick, 1982 ; Stambak & al., 1983 ; Lissina, 1986 ; Zazzo, 1986).

Vygotski écrit à propos de la composante sociale du développement :

« C'est par l'intermédiaire des autres, par l'intermédiaire de l'adulte que l'enfant s'engage dans ses activités. Absolument tout dans le comportement de l'enfant est fondu, enraciné dans le social » et poursuit : « Ainsi, les relations de l'enfant avec la réalité sont dès le début des relations sociales. Dans ce sens, on pourrait dire du nourrisson qu'il est un être social au plus haut degré » (Vygotski, 1982-1984, vol. IV, p. 281).

La place des interactions sociales dans la construction et le développement de l'enfant est donc centrale pour Vygotski. Les significations se construisent d'abord dans le groupe social (plan interpsychique), pour être ensuite appréhendées de manière intrapsychique. De cette façon, le partage de la connaissance avec les autres est la condition essentielle au déroulement des activités psychologiques sur le plan individuel. L'étude des interactions adulte-enfant ou entre enfants trouve une application et un fort intérêt aujourd'hui, notamment en éducation (Perret-Clermont, 1979 ; Doise & Mugny, 1981 ; Wertsch, 1985a ; Wertsch, 1985b ; Hinde, Perret-Clermont & Stevenson-Hinde, 1988 ; Brossard, 2004 ; Weil-Barais, 2005).

Un autre point clé de ces thèses est l'idée que l'appropriation des outils culturels par l'enfant contribue à la transformation des fonctions psychiques élémentaires en fonctions psychiques supérieures.

Vygotski donne un rôle primordial à la médiation sémiotique. Cette médiation est l'élément clé de sa théorie (Rivière, 1984 ; Wertsch, 1985 ; Vila, 1987).

Wertsch (1991) souligne que cette relation entre les individus et les instruments médiateurs comme les systèmes sémiotiques devient tellement fondamentale, que l'unité d'analyse

est, dans ce cas, « l'action médiatisée par les signes » et, que la place centrale dans l'étude psychologique ne revient pas à l'individu mais aux « personnes qui agissent avec des instruments médiateurs ». Dans cette perspective, l'interaction éducative peut être considérée comme une unité d'analyse au plan psychologique qui serait apte à rendre compte de la dynamique de la construction des connaissances en contexte scolaire (Coll & Marti, 2001). De nombreux auteurs à la suite de Vygotski ont mis l'accent sur le fait que la mise en écriture, quel que soit le système sémiotique employé (écriture de la langue, notations numériques, graphiques, etc.) est la condition nécessaire au développement d'une pensée réflexive, et, au-delà, de la pensée scientifique (Goody, 1977 ; Detienne et al., 1992 ; Karmiloff-Smith, 1992 ; Tolchinsky & Karmiloff-Smith, 1993 ; Olson, 1994 ; Ferreiro, 1997 ; Miras, 2000 ; Brossard, 2004 ; Marti, 2005 ; Baquero, 2009). Toute production de représentations externes aurait statut de médiation sémiotique (Deloache & Burns 1993 ; Deloache, 1995 ; Lee & Karmiloff-Smith, 1996 ; Marti & Pozo, 2000) au sens où elle représente un « entre-deux » entre le sujet et la « chose » à propos de laquelle il pense (Weil-Barais & Resta-Schweitzer, 2008).

Le rapport entre développement et apprentissage

C'est à propos des concepts scientifiques que Vygotski différencie nettement des concepts spontanés (tant du point de vue de leur statut épistémologique que des opérations de pensée impliquées dans leur construction et leur utilisation), qu'il explicite les rapports qu'il conçoit entre apprentissage et développement. Il retient en effet le caractère général et abstrait des concepts scientifiques ainsi que leur fonction explicative. Il relève également la nature relationnelle et systémique des concepts scientifiques, contrairement aux concepts quotidiens associés aux choses et aux actions pratiques. Ces caractéristiques des concepts scientifiques nécessitent de la part des enseignants qu'ils proposent aux enfants

des activités intellectuelles élaborées afin que ceux-ci soient en mesure de les acquérir. Ces activités sollicitent des processus internes qui stimulent le développement des processus psychiques supérieurs (notamment la prise de conscience et la réflexivité). Autrement dit, c'est dans le passage d'activités psychiques non conscientes à des activités conscientes et volontaires que Vygotski postule l'émergence de processus psychiques supérieurs.

Nous avons déjà relevé que, pour Vygotski, il n'y a pas de lien mécanique entre apprentissage et développement intellectuel, puisque les processus internes « mis en mouvement » se développent selon des lois qui leur sont propres (Resta-Schweitzer & Weil-Barais 2007). Il écrit, par exemple, à propos d'une série d'études concernant des apprentissages mathématiques : « au moment de l'assimilation d'une opération arithmétique, d'un concept scientifique, le développement de cette opération et de ce concept, loin de s'achever, ne fait que commencer, la courbe du développement ne coïncide pas avec celle de l'étude du programme scolaire ; il s'avère en outre que l'essentiel de l'apprentissage devance le développement » (*Pensée et Langage*, p. 267-268, édition française 1985). C'est à cette occasion qu'il précise que l'apprentissage ne peut avoir lieu que dans la « Zone Proximale du Développement ».

Le moteur de l'apprentissage étant l'imitation, Vygotski relève que « pour imiter, il faut que j'aie une certaine possibilité de passer de ce que je sais faire à ce que je ne sais pas faire » (Vygotski, 1985, p. 271).

Développement potentiel, Zone Proximale du Développement (ZPD) et médiation éducative

Pour pouvoir passer de « ce que je sais faire à ce que je ne sais pas faire », Vygotski avance l'idée de l'existence chez le petit d'homme d'un développement potentiel. Cela veut

dire que, d'après ce psychologue, les enfants auraient la possibilité, sous certaines conditions, d'aller plus loin dans leur développement. Dans son approche historico-culturelle de l'apprentissage, il met en avant le fait que l'enfant se développe grâce à des moyens qu'il puise dans son environnement social et aux interactions sociales multiples. Le concept de ZPD met en avant l'importance des contextes éducatifs. La ZPD est définie comme un espace entre un niveau inférieur (qui concerne les problèmes que l'enfant peut résoudre seul) et un niveau supérieur, celui des problèmes que l'enfant est capable de résoudre avec l'aide de l'adulte. Métaphoriquement, on peut dire que c'est l'endroit où la négociation se produit, là où il est possible de comprendre comment et pourquoi le savoir se construit ou ne se construit pas, avec des objets précis, sémiotisés par l'enfant et accompagnés, mis en scène, par l'enseignant. Pour Vygotski, les situations scolaires sont le lieu d'une authentique et originale activité de conceptualisation qualifiée de collaborative (Brossard, 2004).

4. La conceptualisation du réel

Nous retenons des grandes théories du développement (piagétienne, wallonienne et vygotkienne) l'importance accordée à la conceptualisation du réel. Quelle que soit la manière de concevoir le rôle du milieu dans le développement, ces trois théories partagent les mêmes idées sur ce qui se développe : la conceptualisation du réel, avec des positions sensiblement différentes sur les processus en jeu. Dans la conception piagétienne, c'est le passage de « l'abstraction empirique » à « l'abstraction réfléchissante ». Dans la conception wallonienne, la conceptualisation relève d'une différenciation entre « l'intelligence des situations » ou « intelligence pratique », et « l'intelligence représentative, discursive et de la connaissance ». Enfin, dans la conception vygotkienne

c'est le passage de « concepts spontanés aux concepts scientifiques » dont la construction suppose la prise de conscience.

4.1. Un modèle général de l'évolution de la conceptualisation ...

Analysant finement l'apport de Vygotski concernant les rapports entre apprentissage et développement, Brossard (2004) relève à juste titre que celui-ci n'a étudié que des concepts pris isolément (ce qui est en contradiction avec la nature relationnelle des concepts scientifiques) et que, par ailleurs, il n'a pas étudié comment les enfants évoluent de leurs conceptions premières aux conceptions savantes, ce qui suppose de travailler dans des champs conceptuels bien spécifiés. De ce fait, Vygotski n'a pas pu proposer de modèles rendant compte de l'évolution intellectuelle des enfants concomitante des apprentissages scientifiques. C'est pour cette raison que nous allons étudier un modèle proposé par Piaget et Garcia (1983), dans l'ouvrage « *Psychogenèse et histoire de sciences* » dont l'intérêt premier est la prise en compte, au plan développemental, de transformations de la pensée pertinentes en regard des explications scientifiques. Ces auteurs postulent en effet un isomorphisme entre l'évolution des modèles explicatifs aux plans historique et psychogénétique. Même si cette idée d'isomorphisme est contestable, la référence aux étapes de l'évolution des explications scientifiques peut servir de repères pour situer les explications fournies par les enfants (Weil-Barais & Resta-Schweitzer, 2007).

Piaget et Garcia décrivent trois paliers d'évolution : intraobjectal ou analyse des objets, interobjectal ou étude des relations et transformations et transobjectal ou construction de structures. Nous rappellerons ici les caractéristiques de ces paliers. Le premier se caractérise par une centration sur les propriétés perceptives des objets : « le sujet se borne

à décrire ce qu'il voit sans ordre, ni méthode et à invoquer comme seules explications des pseudo-nécessités... » (Piaget & Garcia, 1983 p.100).

Pour Piaget et Garcia, l'abstraction empirique, suffisante au premier palier, devient une condition nécessaire mais pas suffisante au deuxième palier qui nécessite le recours à l'abstraction réfléchissante (Piaget, 1977), dans ces deux dimensions inséparables : le réfléchissement et la réflexion.

Dans l'explication du réel avancée par les auteurs, le premier palier intraobjectal est caractérisé donc, par le primat des pseudo-impossibilités et des pseudo-nécessités. Les traits distinctifs de la pseudo-nécessité se font connaître lors de l'argumentation que donne l'enfant face à un phénomène déterminé qui se traduit par une acceptation de ce qui existe, ce qui est directement atteint par la perception, comme étant nécessairement ainsi. Dans ce type d'argumentation, il existe une confusion entre ce qui est général et ce qui est nécessaire, une sorte de croyance de l'ordre de « cela doit être ainsi ». Il s'agit d'un traitement argumentatif qui impose des limitations et font obstacle au développement de la conceptualisation du réel mais qui constitue tout de même une expérience nécessaire susceptible de permettre la découverte des propriétés des objets ou des événements et la construction d'explications à caractère local, particulières voire subjectives.

Le deuxième palier de traitement interobjectal a trait au passage des attributs aux relations. Piaget et Garcia (1983) précisent que : « *les propriétés absolues des corps se dissoudront dans un système de relations* ». Cela signifie qu'un système abstrait de relations vient en substitution des propriétés presque « tangibles ». Les raisons peuvent être établies dans les relations interobjectales, dans les transformations. Plus tard, ces transformations vont être mises en relation afin d'aboutir à la construction de structures qui caractérisent le palier transobjectal.

5. Ce que nous retenons...

L'objet de ce chapitre était d'interroger les grandes théories du développement sur les rapports qu'elles conçoivent entre développement et apprentissage ainsi que la manière dont elles abordent la conception du monde en tant qu'objet de connaissance. Ce détour théorique nous permet en outre de justifier le choix du champ de connaissances exploré dans la thèse : les sciences physiques, qui offrent un large éventail de possibilités de conceptualisation du réel. En outre, la position de Piaget qui met en avant la possibilité d'une convergence entre les mécanismes formateurs des opérations intellectuelles et les pratiques d'enseignement-apprentissage ; celle de Vygotski centrée sur la place accordée aux interactions sociales dans la construction et le développement intellectuel de l'enfant. Celle de Wallon, qui postule une interrelation entre développement et apprentissage ou Case qui met en avant le fait que c'est dans l'interaction entre l'expérience scolaire et les structures cognitives que l'école peut contribuer au développement conceptuel justifie que l'on s'intéresse à cette relation.

Nous retiendrons des thèses vygotkiennes l'idée de l'existence d'un développement potentiel. Pouvoir penser le développement comme ayant la possibilité d'aller au-delà du développement spontané laisse toute la place aux apprentissages scolaires en tant que moteur du développement. De même, les concepts de ZPD et médiation éducative nous ouvrent un chemin d'action nous obligeant à nous centrer sur les moyens mis en œuvre par l'enseignant, le choix des outils culturels de communication, la fonction d'étayage assuré par le maître, l'importance de l'agencement de séquences didactiques, le choix d'activités, l'organisation sociale de séquences d'enseignement-apprentissage, tous des éléments clés pour concevoir une démarche d'apprentissage à visée développementale.

En ce qui concerne le processus de conceptualisation, nous retiendrons la position de Vygotski enrichie par la définition du concept proposée par Vergnaud (1997), ainsi que la proposition théorique de Piaget et Garcia (1983) à propos du modèle général de l'évolution de la conceptualisation du réel avec, d'une part, les trois paliers d'explication du monde (intraobjectal, interobjectal et transobjectal) et, d'autre part, le passage de l'abstraction empirique à l'abstraction réfléchissante.

Selon Vygotski (*cf.* figure 4), les structures des concepts auxquels les enfants sont confrontés vont les conduire à regarder le monde de façon relationnelle, autrement dit à transformer leur mode de pensée. Cette thèse s'oppose à celle de Piaget qui postule que ces structures conceptuelles sont sous la dépendance du développement de structures cognitives ou structures logico-mathématiques, ces dernières étant celles qui déterminent le type de concept que les sujets sont capables de construire.

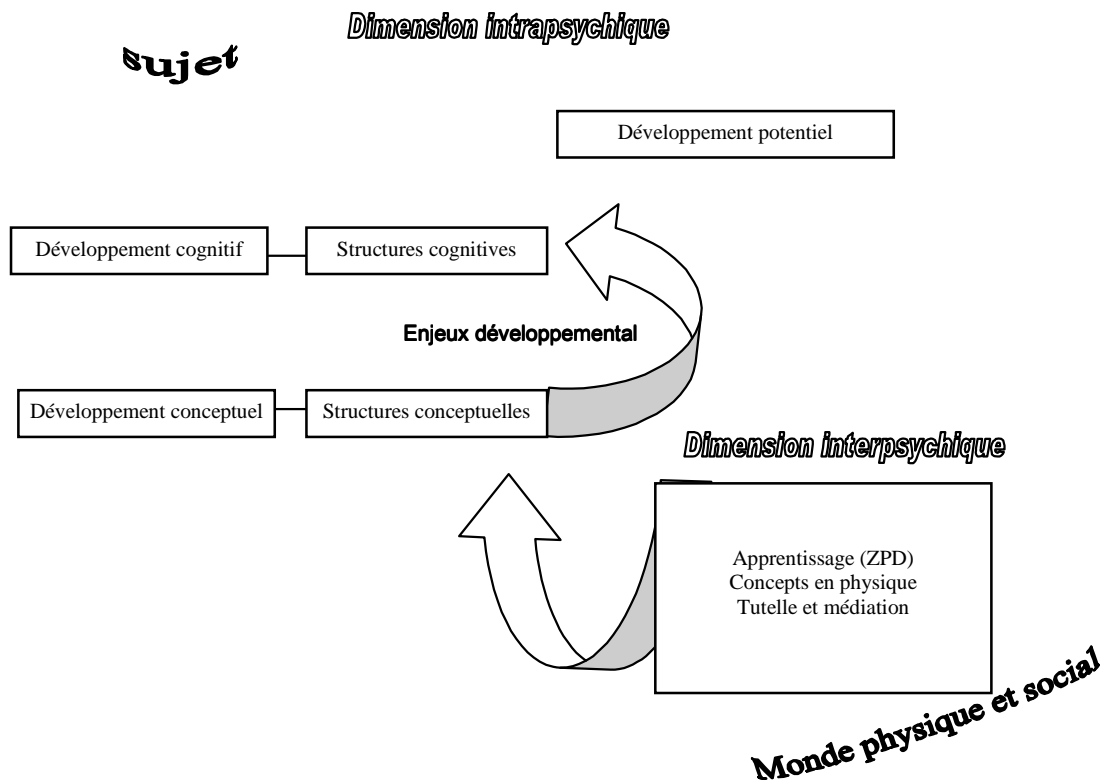


Figure 4 : Relation entre développement conceptuel et développement cognitif selon Vygotski

Nous retiendrons enfin de Vergnaud le caractère systémique et relationnel des concepts ainsi que l'idée que les connaissances s'élaborent de façon différente selon le domaine conceptuel, puis la nécessité de tenir compte des articulations et des mises en correspondance entre les différents registres ou aspects de la connaissance (pragmatique, conceptuel et sémiotique).

CHAPITRE 2. L'ÉVOLUTION DE LA CONCEPTUALISATION DU REEL CHEZ L'ENFANT

Résumé du chapitre

L'objet de ce chapitre est de faire un état des recherches à propos de la conceptualisation chez l'enfant âgé de cinq à onze ans. Le point central est consacré à l'étude des travaux qui tentent de mettre en évidence les déterminants de l'évolution conceptuelle.

1. Introduction

Nous allons étudier dans ce chapitre l'évolution de la conceptualisation chez l'enfant. Nous entendons par conceptualisation, l'activité cognitive qui consiste à construire une réalité en pensée, à révéler les lois qui gouvernent le monde qui nous entoure et à rendre compte d'un nombre considérable d'interactions mettant en jeu des phénomènes divers.

Nous nous intéressons aux apprentissages scientifiques par conséquent nous sommes au-delà des concepts catégoriels (Weil-Barais, 2001). La construction et l'évolution de la conceptualisation du réel s'effectue en pensée, et va au-delà d'un ensemble d'attributs (concepts catégoriels) ; nous sommes face à un processus cognitif développemental constitué tout au long de sa formation par des mises en relation, des règles de cohérence, d'économie et de non contradiction (concepts relationnels).

Dans ce chapitre, nous ferons état des travaux qui concernent l'évolution de la conceptualisation du réel chez l'enfant (cinq à onze ans). Partant des recherches pionnières de Piaget, nous proposerons ensuite une synthèse des travaux sans prétention à l'exhaustivité. Cette synthèse propose une distinction entre les travaux qui se contentent

de décrire les évolutions, des travaux qui tentent de cerner les déterminants des évolutions. Ce sont ces derniers auxquels nous nous intéresserons particulièrement. Nous retiendrons comme descripteurs de ces études : les phénomènes physiques considérés, l'âge des enfants, la méthodologie employée et les déterminants du développement. Nous poursuivrons en faisant état de différents paradigmes sur le changement conceptuel dans l'enseignement des sciences.

A la fin du chapitre, nous ferons part des éléments retenus pour la suite de notre travail et nous avancerons des hypothèses à propos des processus à l'origine du changement conceptuel.

Tout au long du chapitre nous pouvons nous référer à : représentation naïve, connaissances naïves ; représentation pré-conceptuel, explication du réel, conception ; en effet, toute cette terminologie relève pour nous de la conceptualisation.

2. Piaget et les recherches sur les connaissances naïves chez l'enfant et leur évolution

Les premiers travaux concernant les explications que les enfants donnent à propos du réel remontent aux années vingt. Piaget s'intéresse alors aux processus de développement des connaissances afin de mieux cerner la manière à travers laquelle le petit d'homme s'adapte et connaît l'environnement physique. Deux ouvrages font référence : « La représentation du monde chez l'enfant » (Piaget, 1926) et « La causalité physique chez l'enfant » (Piaget, 1927).

2.1. « La représentation du monde chez l'enfant » (Piaget, 1926)

Dans cet ouvrage Piaget étudie les représentations du monde que se donne l'enfant de façon spontanée au cours de son développement. Les observations recueillies au moyen de la méthode d'investigation clinique-critique auprès d'enfants entre trois et douze ans sur le concept de vie, l'origine des astres, la météorologie et l'origine des eaux ont conduit Piaget à établir plusieurs constats. L'état initial de la pensée des enfants plus jeunes est caractérisé par une absence de différenciation entre le moi et une réalité extérieure au moi. L'évolution intellectuelle peut se faire, dans la mesure où un processus de différenciation progressive se met en place, entre le moi (subjectif) et tout ce qui lui est extérieur (donc objectif) : une autre personne, un objet, un phénomène physique. C'est à partir de cette indifférenciation initiale supposée que Piaget donne les principales caractéristiques de la pensée des plus jeunes enfants : le réalisme, l'animisme, l'artificialisme, la participation et la pensée pré-causale.

2.2. « La causalité physique chez l'enfant » (Piaget, 1927)

Dans cet autre ouvrage, Piaget s'intéresse à la façon dont se construit la structure de la causalité enfantine.

Nous proposons de regarder un exemple qui touche au phénomène physique de la flottaison de corps. L'expérimentateur demande à l'enfant de prédire les résultats possibles concernant : « la flottaison des bateaux sur le lac de Genève ». Afin de rendre le problème concret, l'entretien est réalisé avec des objets divers : une cuvette d'eau, des cailloux, des clous. L'expérimentateur questionne l'enfant en lui demandant si ces objets flottent ou ne flottent pas, et pourquoi. Piaget distingue quatre stades dans les réponses des enfants. Dans le premier (jusqu'à cinq ans), la flottaison est expliquée de manière animiste et morale : « il va rester sur l'eau parce qu'il doit rester sur l'eau » ou bien « le verre ira au

fond parce que ce n'est pas permis de mettre du verre sur l'eau ». Les réponses correspondant au deuxième stade (enfants entre cinq et six ans) sont de type : « les bateaux flottent parce qu'ils sont lourds », le poids est une force permettant au bateau de se tenir en surface. Au troisième stade (six à huit ans), les enfants invoquent la légèreté des bateaux et la force de l'eau comme étant la cause du maintien sur l'eau : « parce que le bois est léger, ils peuvent rester sur l'eau ». Le quatrième stade est celui dans lequel les enfants tentent de donner une explication au phénomène physique, par l'intuition de l'existence d'une relation, entre le poids et le volume : « le bateau reste sur l'eau parce qu'il est plus léger que le caillou et parce qu'il est vide ». Un autre exemple, dans les études sur le développement de la causalité physique est celui de la formation des ombres (étude à laquelle nous nous intéressons particulièrement puisque c'est un domaine que nous allons explorer). Piaget met en évidence une longue séquence développementale concernant la compréhension du phénomène comportant quatre stades. Au premier stade (vers cinq ans), l'enfant conçoit l'ombre comme étant rattachée à l'objet, c'est à la fois quelque chose qui a une origine externe (la nuit) et, une origine interne (l'objet). Au cours du deuxième stade, vers six- sept ans, l'enfant considère que l'ombre émane uniquement de l'objet. Au troisième stade, vers huit ans, l'enfant comprend que l'ombre a une orientation, mais comme la source lumineuse et l'ombre sont de directions opposées, il pense que l'ombre fait disparaître la lumière. Piaget remarque que c'est seulement au quatrième stade, vers neuf ans, que l'enfant comprend le rôle de la lumière dans la formation de l'ombre et explique le phénomène en termes d'interposition.

Piaget décrit les processus internes qui mènent au changement ainsi que le processus de décentration, avec tout ce que cela implique (niveau d'abstraction, réflexibilité de la pensée...) afin d'expliquer l'évolution. Cette décentration est censée être le point de départ de la construction des structures opératoires, issues de la coordination d'actions exécutées

mentalement. Les structures de connaissances sont supposées être des structures opératoires. Vers la fin de sa vie, il modélise avec l'épistémologue argentin Garcia les étapes du changement conceptuel au moyen du modèle général que nous avons présenté dans le premier chapitre : intra-inter et transobjectal.

2.3. La recherche après Piaget

Depuis les ouvrages fondateurs de Piaget cités précédemment, les recherches concernant la manière dont les enfants appréhendent les objets et les phénomènes se sont développées de manière considérable¹. De fait, elles s'inscrivent dans des ordres de préoccupation très différents. Nous rappellerons ici certains travaux sans avoir prétention à l'exhaustivité.

La question du comment les enfants appréhendent les objets et les phénomènes, a largement été abordée par des chercheurs en didactique des sciences. Pour ces chercheurs, inscrits dans la tradition constructiviste piagétienne, il s'agissait avant tout de rendre compte des conceptions premières des enfants, d'explicitier les écarts entre ces conceptions et les conceptions savantes enseignées à l'école, de comprendre les difficultés d'apprentissage des enfants et de trouver des moyens pour les aider à y faire face (*cf.* Weil-Barais, 2005, pour une présentation générale de ce courant). De leur côté, les psychologues du développement se sont intéressés à cette question, en relation avec une évolution théorique majeure ayant émergé dans les années quatre-vingt et qui peut se

¹ [http : //www.earli.org/special_interest_groups/conceptual](http://www.earli.org/special_interest_groups/conceptual)

résumer brièvement, par deux propositions : renoncement à un modèle général du développement intellectuel et prise en compte de la multiplicité des

formes de l'activité intellectuelle en relation avec les contextes culturels (Brown et al., 1989 ; Olivares & Rodriguez, 1990 ; Lave & Wenger , 1991 ; Butterworth, 1992 ; Carey, 1992 ; Vosniadou & Brasseur, 1992 ; Forgeron, Blakeslee & Anderson, 1993 ; Linder, 1993 ; Duit & al., 1993 ; Vosniadou, 1994 ; Levinas, 1998 ; Ioannides & Vosniadou, 2002 ; Castorina & Lenzi, 2002 ; Camilloni, 2002 ; Pozo, 2003 ; Roux & Moussu, 2003 ; Sharp J.G. & Sharp, J.C., 2007 ; Gavilan Bouzas, 2009). Ceci s'est traduit notamment par une diversification des domaines d'étude en fonction des caractéristiques spécifiques des champs de connaissance et des activités intellectuelles (Gelman, 2006). Dans une telle perspective, il a ainsi été montré que la construction des invariants physiques qui, pour Piaget, relevait de processus cognitifs identiques, impliquaient de fait des formes de conceptualisation du réel très spécifiques selon la nature des dimensions physiques impliquées (Séré & Weil-Barais, 1988 ; Weil-Barais, Lemeignan & Séré, 1990 ; Weil-Barais, Séré & Landier, 1986).

3. Interventions et changement conceptuel

Concernant les recherches empiriques, nous avons sélectionné des travaux significatifs du point de vue des méthodologies utilisées, de l'âge des enfants ainsi que des champs de connaissances explorés.

Dans cette revue de questions, nous présenterons d'abord les recherches utilisant la méthode d'entretien individuel visant à mettre en évidence la conceptualisation du réel par l'enfant. Puis nous nous centrerons sur les recherches qui prennent en compte la

composante sociale, c'est-à-dire des méthodologies centrées sur l'évaluation de l'effet de séquences d'intervention. Les recherches sont présentées chronologiquement.

3.1. Recherches utilisant la méthode d'entretien individuel

Dans les recherches que nous présentons ci-après, aucune intention d'apprentissage n'est explicitée. Le dénominateur commun est celui de l'entretien individuel, c'est-à-dire, un face à face entre le chercheur et l'enfant.

- Ravanis, (1999)

Dans cette recherche, Ravanis s'intéresse au concept de lumière. L'échantillon est composé de 127 enfants de cinq ans. La procédure est celle d'un entretien individuel composé de questions « tâches-questions ouvertes » sur la reconnaissance de la lumière comme entité distincte dans l'espace et, de tâches : « tâches-situations expérimentales » auxquelles les enfants ont été confrontés.

Tâche 1 : Qu'est-ce que la lumière pour toi ? ; tâche 2 : Que fait la lumière ? ; tâche 3 : Où il y a de la lumière dans la pièce ? ; tâche 4 : Où y a t-il de la lumière provenant de la lampe de poche ? ; tâche 5 : Est-ce qu'il y a de la lumière entre la lampe et le mur ?

Les résultats obtenus aux deux premières tâches indiquent que, majoritairement pour les enfants, la lumière est associée aux sources lumineuses. Le chercheur remarque que la centration sur les sources lumineuses et sur les effets produits constitue une entrave à une conception de la lumière, comme entité dans l'espace, entre une source et une surface réfléchissante.

Ravanis signale que cette difficulté a des incidences au plan didactique, si la lumière est attachée strictement aux sources, il est impossible pour les enfants, d'après le chercheur,

de comprendre n'importe quel problème se rapportant à des phénomènes impliquant la propagation rectiligne de la lumière.

- Mazens et Lautrey (2000)

Ces chercheurs ont travaillé sur le phénomène du son, dans la perspective d'étudier le changement conceptuel. Les auteurs cherchent à savoir si les enfants assignent au son certaines propriétés de la matière et/ou s'ils ont une idée du processus vibratoire. Les propriétés retenues sont la substantialité, le poids et la permanence du son. La méthodologie utilisée est celle de l'entretien individuel à propos de petites expériences d'observations à expliquer et de dessins à compléter. L'échantillon est composé de 89 enfants dont 29 en GSM, 30 en CE1 et 30 en CM1. D'après les auteurs, les résultats de cette étude mettent en évidence quatre modèles sous-tendus par deux théories sur la question de la substantialité : une première théorie serait celle qui attribue au son la propriété de substantialité, puis une deuxième théorie dans laquelle les enfants abandonnent l'idée que le son est fait de substance, mais sans pour autant être capables d'expliquer le processus de transmission. Les quatre modèles mentaux : 1) un premier modèle qui consiste à avancer la présence de trous ; 2) un deuxième modèle qui consiste à penser qu'un objet, le son, peut passer à travers un solide ; 3) le troisième modèle mental consiste à qualifier le son de transparent, d'invisible, d'une nature différente de celle des objets, des êtres humains ; 4) le quatrième modèle consiste à invoquer des termes spécifiques à la transmission des sons tels que vibrer, résonner. L'étude de la cohérence entre les différentes propriétés montre une organisation hiérarchique. Les propriétés de poids et de permanence sont abandonnées avant la propriété de substantialité. Le

changement conceptuel ne semble pas se réaliser soudainement. Le concept de son ne semble pas passer directement de la catégorie de la matière à la catégorie de processus.

- Fernandez (2004a)

Fernandez a travaillé sur le concept de planète Terre, dans le champ de l'astronomie. Elle explore l'évolution de la conception de la planète Terre chez les enfants, par la forme et le système de référence déterminé par la gravité, ainsi que par la relation avec l'élaboration d'un système de référence géométrique. Dans ce système, elle regarde plus précisément la coordination de perspectives spatiales et la capacité de restructuration perceptive. Les enfants interrogés ont entre sept et treize ans. La méthodologie utilisée est la suivante : un entretien individuel (méthode clinique-critique de Piaget) constitué de deux sessions. L'entretien fait appel à trois modalités d'expression de la part de l'enfant : verbale, graphique et une réalisation en 3D avec de la pâte à modeler. Dans l'entretien, les questions ont été groupées en quatre thématiques : 1) forme de la Terre, 2) la place du ciel et de l'espace, du soleil et de la lune, 3) le lieu où les personnes habitent sur la planète Terre et 4) le système de référence déterminé par la gravité. La 1^{ère} session (1 heure) est composé d'un entretien sur la planète Terre ainsi que de l'épreuve piagétienne de l'horizontalité des liquides (Piaget & Inhelder, 1948) afin d'évaluer l'élaboration d'un système de référence géométrique. La 2^{ème} session (1 heure) est constituée par l'épreuve des trois montagnes (Piaget & Inhelder, 1948) et de deux tests supplémentaires, afin d'évaluer la capacité de restructuration perceptive : le test de figures masquées (Witkin, 1971) et celui de figures masquées pour enfants (Karp & Konstadt, 1963).

Les résultats montrent que la conception de la planète Terre et de la gravité évoluent avec l'âge ; il s'agit d'un processus graduel qui commence par des conceptions basées sur la perception du monde physique. Ce traitement perceptif informe le sujet sur deux points : la Terre est plate et le système de référence concernant la gravité est vers le bas. 40% des enfants de treize ans restent sur des conceptions intermédiaires, qu'articulent encore des connaissances purement perceptives avec celles apprises lors des apprentissages scolaires. L'étude montre que ces conceptions intermédiaires persistent est que cela est en corrélation avec la difficulté des sujets à réussir aux épreuves de traitement de l'espace (horizontalité des liquides, les trois montagnes et le test de figures masquées).

- Fernandez (2004 b)

Dans cette recherche Fernandez s'est intéressée à l'influence des facteurs culturels dans la construction des modèles mentaux à propos des conceptions du jour et de la nuit. Elle travaille avec des sujets âgés de sept à vingt six ans (80 enfants espagnols de 7 à 13 ans et 30 enfants indigènes Karajas au Brésil de 7 à 26 ans). Comme dans son étude précédente, la méthodologie est composée d'un entretien individuel. Cette fois, elle utilise seulement la modalité verbale, et s'inspire de la méthode clinique-critique de Piaget pour la conduite de l'entretien. Les résultats montrent que l'acquisition de la conception jour et nuit est un processus graduel qui s'initie dans des conceptions basées sur la perception immédiate. L'auteur identifie certaines ressemblances entre les résultats de deux groupes (enfants espagnols et enfants karajjas) en ce qui concernent les modèles synthétiques (perception et connaissance scolaire), ainsi que dans les modèles scientifiques. Les différences constatées ont trait aux conceptions initiales : le besoin chez les enfants de Barcelone, de mettre en avant, dans les modèles initiaux, l'influence des nuages pour cacher le soleil et, chez les Karajas, la présence des étoiles pour qu'il puisse faire nuit au

même titre que la lune. Ceci est considéré par l'auteur comme étant un facteur culturel obéissant aux particularités dans l'aspect du ciel des zones géographiques dans lesquelles habitent les enfants interrogés.

- Straatemeier, van der Maas et Jansen (2008)

Straatemeier et al. ont exploré le champ de l'astronomie. L'échantillon est composé d'enfants de quatre à onze ans. La recherche étudie si, avant tout enseignement, les connaissances préalables des enfants forment une théorie cohérente ou si elles se présentent en tant qu'une écologie d'éléments quasi-indépendants (DiSessa, 1993). Deux études ont été réalisées avec l'utilisation du test intitulé EARTH (*Earth, Representation Test for Children*, nouveau test papier-crayon), sous forme d'entretien individuel (étude 1 : N= 328 ; étude 2 : N= 381). Les résultats indiquent que les connaissances des enfants sur la Terre deviennent de plus en plus en accord avec l'explication scientifique au fur et à mesure de leur développement. Les résultats sont en accord avec l'approche théorique « *knowledge-as-elements* » qui explique la connaissance des enfants comme étant une écologie d'éléments quasi-indépendants (DiSessa, 1993) (*cf.* plus loin le paragraphe 4.1).

- Panagiotaki, Nobes, et Potton (in press)

Ces chercheurs ont étudié la conception de la forme de la Terre par des enfants de six à onze ans, leur recherche est centrée sur l'influence des contenus des tâches proposées par le chercheur, dans la construction et l'évolution des modèles mentaux. Du point de vue méthodologique, un entretien individuel de 20 minutes (questionnaire +dessin) est proposé à 127 enfants de six à huit ans. 42 enfants ont été soumis à la condition 1 - version originale de l'entretien conçu par Vosniadou et Brewer (1992) (8 items), tandis que 85 enfants à la condition 2- nouvelle version de l'entretien. Les différences entre les deux versions peuvent se résumer dans l'exemple qui suit : la première question posée dans la

version originale est la suivante : « quelle est la forme de la terre ? » puis dans la nouvelle version de l'entretien un récit est introduit avant de poser la question : « Imaginons que tu es un astronaute, tu es dans un vaisseau spatial et tu voyages dans l'espace. Tu es dans l'espace très loin de la terre mais tu peux la voir depuis la fenêtre de ton vaisseau spatial. Comment vois-tu la Terre ? Quelle est sa forme ? Elle ressemble à une balle ou à un disque ? ».

Les chercheurs observent qu'avec la nouvelle version de l'entretien, les enfants interrogés donnent plus d'explications en lien avec la compréhension scientifique. Les modèles mentaux initiaux se présentent dans l'échantillon d'une manière moins importante que dans le questionnaire original. Les auteurs font l'hypothèse que le questionnaire original, étant plus général et parfois ambiguë, empêche le chercheur de connaître le vrai niveau de conceptualisation. De plus, ils mettent en avant le fait que certains artefacts culturels peuvent être utilisés afin d'aider l'enfant dans la compréhension de questions et d'instructions ambiguës. Les recherches sont récapitulées dans le tableau 1.

Tableau 1 : *Tableau récapitulatif de recherches utilisant la méthode d'entretien individuel*

Auteur	Age et tâches	Domaine de connaissance
Ravanis, (1999)	127 enfants de 5 ans, 5 tâches sont proposées à chaque enfant Tâche 1 : Qu'est-ce que la lumière pour toi ? ; tâche 2 : Que fait la lumière ; tâche 3 : Où il y a de la lumière dans la pièce ? ; tâche 4 : Où y a-t-il de la lumière provenant de la lampe de poche ?, tâche 5 : Est-ce qu'il y a de la lumière entre la lampe et le mur ?	Physique Le concept de lumière
Mazens et Lautrey (2000)	89 enfants: 29 GSM, 30 en CE1 et 30 en CM1. Enfants de 6 à 10 ans. Petites expériences d'observation à expliquer, de dessins à compléter.	Physique Le son
Fernandez (2004a)	80 enfants de 7 à 13 ans. Un entretien individuel (méthode clinique-critique de J. Piaget) constitué de deux sessions. Trois modalités ont été utilisées : verbale, graphique et un travail en 3D avec de la pâte à modeler.	Physique Astronomie (forme de la planète Terre)
Fernandez (2004b)	80 enfants espagnols de 7 à 13 ans et 30 enfants indigènes (Karajas) au Brésil de 7 à 26 ans Un entretien individuel (modalité verbale) inspiré de la méthode clinique-critique de J. Piaget	Physique Astronomie (cycle jour et nuit)

Straatemeier, van der Maas, Jansen (2008)	Enfants de 4 à 11 ans. Etude 1 : N= 328, Etude 2 : N= 381. Deux études ont été réalisées : avec l'utilisation du test : EARTH : Earth, Representation Test for Children (nouveau test papier-crayon) entretien individuel.	Physique Astronomie
Panagiotaki, Nobes, Potton (in press)	127 enfants de 6 à 8 ans -Un entretien individuel de 20 minutes (questionnaire + dessin) - 42 enfants ont été soumis à la condition 1 (version originale de l'entretien, Vosniadou & Brewer, 1992) (8 items) et 85 enfants à la condition 2 (nouvelle version de l'entretien).	Physique : Astronomie

3.2. Recherches évaluant l'effet des séquences d'intervention (enseignement-apprentissage)

Nous présentons ici, par ordre chronologique, une série de travaux dans lesquels les chercheurs ont conçu des interventions en vue de modifier l'approche de phénomènes par les enfants.

Les recherches sont récapitulées dans le tableau 2.

- Inhelder, Sinclair, Bovet (1974)

Les travaux les plus anciens ont eu pour objectif de compléter les informations sur le développement cognitif, en cherchant à atteindre les mécanismes formateurs, pour assurer le passage d'un niveau à un autre. Dans cette catégorie des recherches, Inhelder, Sinclair, Bovet (1974) ont tenté de montrer l'influence de l'apprentissage sur la construction de la conservation de quantité continue au cours du développement intellectuel. La méthodologie utilisée dans les nombreuses recherches qui ont donné lieu à la publication de l'ouvrage « Apprentissage et structures de la connaissance » est celle constituée d'un pré-test, d'une séquence d'enseignement et de deux post-tests basés sur la méthode clinique-critique d'entretien. Les résultats de ces études montrent un réel progrès chez un grand nombre de sujets, dans chacune des expériences. Les auteurs suggèrent que les procédures utilisées ont réussi à mobiliser le système psychogénétique. Ils mettent en avant le fait que ces procédures ont joué un rôle d'« amplificateur » des activités du sujet, en suscitant des élaborations de niveaux supérieurs. Pour reprendre les propos d'Inhelder,

Sinclair et Bovet : « (...) en alimentant les schèmes du sujet nous sommes parvenues à hâter son développement cognitif (...) ce résultat nous écarte de l'interprétation maturationniste qu'on nous attribue parfois à tort ; il montre que les apports du milieu peuvent favoriser et par conséquent hâter la genèse.(...), apprendre c'est procéder à une synthèse indéfiniment renouvelée entre la continuité et la nouveauté » (Inhelder, Sinclair & Bovet, 1974, p. 295).

- Weil-Barais, Séré et Landier (1986)

Cette recherche porte sur l'évolution des jugements de conservation des quantités de gaz chez les enfants de CM2, et plus précisément sur l'évolution de la prise en considération de l'invariance de la quantité d'air, au cours de transformations. Une séquence d'enseignement proposée à une classe de 21 enfants de CM2 (10-11 ans) visait à leur faire prendre conscience de la variation de grandeurs physiques autres que le volume pour décrire l'état d'un gaz.

La séquence est composée de sept expériences :

- 1) Recueil d'un gaz coloré dans une enceinte aux parois rigides ; comprimer, détendre le gaz (à température constante) ;
- 2) Dégagement d'un gaz incolore dans une enceinte close dont les parois sont en partie élastiques ;
- 3) Dégagement d'un gaz dans l'atmosphère et pesage de la quantité de gaz ;
- 4) Pesage d'une quantité d'air ;
- 5) Elévation d'une montgolfière ;
- 6) Les balles de ping-pong dans l'eau chaude ;
- 7) Gonflement d'une chambre à air.

A l'occasion de ces expériences, les enfants sont amenés à faire de prédictions, à expliquer et à confronter les prédictions aux événements observés.

Le rôle de l'enseignant consistait à proposer les expériences, à les réaliser lui-même lorsqu'elles nécessitaient de manipulations délicates, à solliciter des interprétations des prédictions et à proposer des confrontations de résultats permettant la mise en évidence de contradictions.

Les pré-tests (avant séquence d'enseignement) ainsi que les post-tests (trois semaines après la séquence d'enseignement) étaient composés de onze expériences dans lesquelles les enfants devaient se prononcer sur la variation ou la non variation des quantités d'air dans les enceintes utilisées et à justifier leurs réponses.

Les résultats montrent des progrès importants. Cette recherche illustre assez bien l'intérêt d'une approche psychologique des difficultés scolaires prenant en compte de manière spécifique les contenus d'enseignement. Une telle approche a permis d'analyser les difficultés cognitives rencontrées par les enfants pour analyser un ensemble d'expériences mettant en jeu des gaz et notamment l'air. Les chercheurs mettent clairement en évidence que la reconnaissance de l'invariance d'une grandeur physique est liée aux connaissances dont disposent les sujets à propos des objets et des manipulations et des relations qu'ils entretiennent.

- Ravanis et Papamichaël (1995)

La recherche se centre sur les procédures didactiques de déstabilisation du système de représentations spontanées des enfants à propos de la propagation de la lumière. Cette recherche tente de répondre à la question de l'efficacité d'une interaction didactique conflictuelle qui pose comme objectif le dépassement d'obstacles créés par leurs propres représentations.

L'hypothèse des chercheurs est la suivante : les enfants participant aux procédures didactiques expérimentales auront tendance à reconnaître la propagation de la lumière en ligne droite, quelle que soit sa direction dans l'espace, plus fréquemment que les enfants d'un groupe ayant suivi un enseignement habituel.

Deux principaux obstacles ont été repérés : reconnaître la propagation de la lumière dans toutes les directions et reconnaître la propagation rectiligne de la lumière.

104 enfants ont participé à la recherche. Les enfants ont été soumis à un pré-test et à plusieurs séances d'enseignement expérimental (d'environ 10 minutes chacune), ainsi qu'à deux post-tests. La procédure expérimentale comprenait une série d'interventions de la part de l'expérimentateur conçues pour conduire à un conflit avec les représentations spontanées. Le travail a été effectué en groupes constitués de 3 à 5 enfants maximum (groupe témoin et groupe expérimental).

Les chercheurs ont constaté une nette supériorité des performances des enfants du groupe expérimental. Cependant ils soulignent que du point de vue didactique, malgré les différences statistiquement significatives entre les groupes, un nombre relativement important d'enfants du groupe expérimental ne progresse pas.

L'étude a confirmé le rôle du guidage de l'enfant vers une démarche de preuve dans la reconstruction de ses conceptions spontanées, de même que la résistance de la représentation naïve de la propagation de la lumière en direction horizontale.

- Ravanis (1996a)

L'objectif de cette étude qui porte sur le phénomène de la formation des ombres était de mettre en place une stratégie d'intervention de type : objectifs-obstacle, afin de faire évoluer la représentation du phénomène chez les enfants. L'échantillon de cette étude est composé de 40 enfants de cinq ans qui, lors du pré-test, n'ont pas répondu correctement à

un ensemble de questions à propos de la formation des ombres : prévoir les positions possibles d'une ou de deux ombres, les positions d'une ou de deux lampes, par rapport à un obstacle vertical. Les résultats des pré-tests ont mis en avant différents obstacles :

- les enfants ne proposent pas d'explication en termes d'obstacle au faisceau lumineux, leur référence au rôle de l'obstacle et de la lampe est confuse ;
- même s'ils désignent correctement la région de l'espace où se forment les ombres ou celle où se trouvent les lampes, ils ne peuvent pas expliquer leurs réponses ;
- les enfants ne sont pas capables d'établir le lien entre le nombre d'ombres et le nombre de lampes ;
- ils font allusion à l'obstacle et à la lampe sans proposer d'explication.

A la suite de l'étude de ces résultats les enfants ont été soumis individuellement à une procédure didactique (un face à face avec l'expérimentateur), puis à un post-test. La procédure comportait 3 points : 1) la construction du mécanisme de la formation de l'ombre, 2) la définition de la place de l'ombre et 3) la correspondance entre le nombre des lampes et celui des ombres.

Les résultats montrent un progrès significatif entre le pré et le post-test. Cependant, l'auteur signale dans ses conclusions que l'efficacité des activités n'a pas été la même pour l'ensemble des enfants. Quelques enfants prennent plus facilement des initiatives (manipulation d'objets), tandis que d'autres hésitent, sollicitent l'intervention de l'expérimentateur, ce qui diminue leur autonomie dans la situation éducative.

- Ravanis (1996b)

Cette étude concerne la construction de propriétés magnétiques élémentaires. 79 enfants de cinq ans ont participé à une séquence didactique par petits groupes. Ils disposent d'une

série d'éléments (barres métalliques, aimants, morceaux de papiers, bouchons plastiques). Une institutrice demande aux enfants de jouer avec les différents objets et encourage l'interaction entre les enfants. L'expérience est réalisée dans un bureau de l'école. Les résultats montrent que dans la découverte des propriétés magnétiques 77 enfants sur 79 découvrent par hasard l'attraction de l'aimant.

Il semble d'après l'auteur, que le rôle de l'enseignant se réduise ici à l'organisation d'un milieu convenable. En ce qui concerne la distinction des matériaux magnétiques et non-magnétiques, il semble que les enfants choisissent plutôt des matériaux qui se magnétisent. Par ailleurs, la découverte des forces réciproques d'attraction et de répulsion des aimants conduit le chercheur à faire plusieurs constats : l'événement d'attraction n'impressionne pas les enfants, en revanche la répulsion les frappe beaucoup. De plus, à mesure que les projets des enfants deviennent plus complexes, l'interaction entre pairs et la sollicitation de l'adulte prennent de plus en plus de place.

D'après les résultats l'auteur reste prudent et conclut que cette seule expérience, ne permet pas de parler de construction d'une notion d'attraction ni de celle de répulsion, puisqu'il serait nécessaire de recueillir plus de données empiriques pour le prouver.

- Diakidoy et Kendeou (2001)

Dans cette étude, les auteurs comparent deux approches d'enseignement dans l'acquisition des concepts de base en astronomie. L'échantillon est constitué de 63 enfants de dix ans. La méthodologie utilisée est composée d'un pré-test (contenus explorés : la forme de la Terre) faisant appel à deux modalités : verbale et graphique. Deux groupes expérimentaux ont été construits : d'une part, un groupe (n= 32) soumis à la condition expérimentale d'enseignement, qui prend en compte les conceptions naïves et se focalise sur les explications qui maximalisent la plausibilité de conceptions scientifiques et, d'autre

part, un groupe (n=31), soumis à la condition d'enseignement standard (papier-crayon, cahier). Les enfants ont tous été soumis à un post-test. Les résultats indiquent que les conditions du groupe expérimental (prise en compte des conceptions préalables entre autres), ont initié un changement conceptuel chez les enfants qui avaient des conceptions incompatibles avec celles des données scientifiques. Les auteurs préconisent d'explorer la stabilité dans le temps de cette restructuration au plan cognitif.

- Dumas Carré, Weil-Barais, Ravanis et Shourcheh (2003)

L'objectif de l'étude sur le phénomène physique de la formation des ombres est de cerner en quoi l'univers de référence des adultes qui interviennent auprès des enfants contribuent à infléchir leurs modes d'intervention. A cet effet (Dumas Carré et al., ont comparé deux séquences d'intervention dans lesquelles ont été impliqués des enfants de cinq ans. Les deux chercheurs ayant assuré le rôle du maître, bien que partageant un projet didactique commun, n'ont pas eu la même formation : l'un est un universitaire didacticien de la physique (qualifié par les chercheurs de maître spécialiste) l'autre un maître d'école (qualifié par les chercheurs de maître généraliste).

L'hypothèse centrale est la suivante : « ...bien qu'il y ait, au départ, accord sur des objectifs d'apprentissage à poursuivre, leur expérience et leur positionnement personnel à l'égard des sciences contribuent à singulariser la manière dont ils interviennent auprès des enfants » (Dumas Carré et al., 2003, p. 493, 494).

Avec le maître spécialiste, quatre tâches sont prévues : faire une ombre, changer la taille de l'ombre sans changer l'objet, changer la forme de l'ombre sans changer l'objet, trouver deux objets qui font des ombres « pareilles ». Avec le maître généraliste les tâches sont : retrouver l'ombre perdue, saisir l'ombre, faire bouger l'ombre, faire une ombre à un endroit précis, tandis que pour le spécialiste, il s'agit de donner aux enfants un statut d'activité

scientifique en explorant différents aspects et différents niveaux d'approche. Pour le généraliste, les tâches ont un caractère plus ludique. Les analyses effectuées montrent que les exigences scientifiques fortes manifestées par le maître spécialiste produisent des changements intéressants, comme en témoignent l'évolution des formulations des enfants au cours de la séquence didactique. En outre, les productions des enfants sont très liées aux exigences des adultes, bien qu'il existe des limites d'ordre cognitif évidentes..

- Hayes, Goodhew, Heit et Gillan (2003)

Cette recherche porte sur l'influence des contenus d'enseignement sur le changement conceptuel à propos de la forme de la Terre. Cent trente-deux enfants âgées de six ans, tous soumis à un pré-test et à un post-test, sont réparties en quatre groupes : un groupe contrôle, un groupe ayant une séquence d'enseignement à propos de la forme de la Terre et la gravité, un groupe recevant l'enseignement de la forme de la Terre et un quatrième soumis seulement à l'enseignement de la gravité. Le matériel utilisé dans les séquences d'enseignement est constitué de vidéos et d'objets. Significativement, le groupe qui montre une évolution, dans le sens d'un modèle mental scientifique, est celui qui a été soumis à un enseignement qui traite à la fois de la forme de la Terre et de la gravité.

- Ravanis, Charalampopudou, Boilevin et Bagakis (2005)

Cette recherche porte sur le rôle de l'intervention didactique dans la déstabilisation des représentations spontanées des enfants de l'école maternelle, à propos de la formation des ombres.

La résistance des représentations des enfants aux tentatives de déstabilisation a été étudiée sur deux groupes d'enfants de cinq à six ans. 70 enfants de cinq ans ont participé à la recherche. Ils ont été soumis à un pré et post-test puis à des interventions didactiques. Le groupe expérimental participe à des interactions didactiques organisées afin de

déstabiliser les représentations des enfants et conduire à la construction d'un modèle précurseur pour la formation des ombres. Dans le groupe contrôle, les enfants ont été exposés aux conditions de production de l'ombre des objets et à une série d'activités.

Dans toutes les tâches étudiées, les progrès entre le pré-test et le post-test ont été plus marquants pour les sujets du groupe expérimental, au niveau de la prévision et de l'explication des phénomènes liés à la formation des ombres.

Dans les conclusions, les chercheurs mettent en avant la nécessité de conduire des recherches dans des conditions écologiques : « ...il est évident que la valeur éducative des interactions effectuées (relations de type tutelle et/ou médiation) doit être confirmée non seulement dans des conditions expérimentales en petits groupes, comme il a été le cas dans cette recherche, mais aussi et surtout dans des conditions « normales » de classe scolaire » (Ravanis et al., 2005, p. 96)

- Baldy, Devichi, Aubert, Munier, Merle, Dusseau et Favrat (2005),

Ces chercheurs se sont intéressés à l'articulation entre espace sensible et concepts géométriques et sur le statut de l'angle droit ainsi que sur le rôle de la verbalisation. Deux études ont été réalisées. Dans la 1^{ère} étude, qui porte sur l'évolution du concept d'angle au cours du développement, 120 enfants de CP au CM2 ont été soumis à un entretien individuel constitué d'une question, une production graphique et une demande d'identification des angles dans un dessin présenté à l'enfant par le chercheur. Dans la 2^{ème} étude qui porte sur la comparaison de deux séquences d'enseignement, 72 enfants de CE2 et de CM1 ont passé un pré-test, une séquence d'enseignement soit statique soit dynamique, à partir de la situation de l'angle de vision et un post-test. La séquence d'enseignement-apprentissage qualifiée de statique présente un angle de vision fixe (une position de l'observateur et de l'écran) alors que, la deuxième séquence d'enseignement-

apprentissage, qualifiée de dynamique, fait varier l'ouverture de l'angle (plusieurs positions de l'observateur).

En ce qui concerne la 1^{ère} étude, les résultats montrent que jusqu'au CE1 les enfants ne savent pas ce qu'est un angle. Dès le CE2 la définition est donnée en référence au « coin » d'un objet physique ; le dessin de l'angle n'est pas détaché de celui d'une figure géométrique ou des bords de la feuille. L'angle droit comme référent de la catégorie des angles émerge en CM1. Quand il n'est pas droit, l'angle est aigu. Même dans une tâche d'identification dans un dessin, jusqu'en CM2, un angle obtus n'est pas reconnu comme un angle.

Les résultats de la 2^{ème} étude confirment que, jusqu'en CM2, les enfants ont des difficultés à verbaliser les propriétés d'un angle, à dessiner un angle et à identifier des angles dans une figure ouverte. La faible efficacité des séquences d'enseignement est mise en avant par les chercheurs (pas de différences significatives entre les performances des enfants ayant suivi la séquence statique et ceux ayant suivi la séquence dynamique). Ils signalent, que les résultats peuvent être en relation avec un certain nombre de problèmes méthodologiques, inhérents à la conciliation des approches didactiques et psychologiques.

Les auteurs en concluent que l'élaboration conceptuelle est longue et difficile ainsi que résistante aux efforts pédagogiques des enseignants à l'école élémentaire. Les résultats confirment que pendant longtemps les aspects physiques du coin « adhérent » au concept. Tout se passe comme si le traitement visuel des figures, difficile à inhiber, entravait la réflexion.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif de recherches évaluant l'effet des séquences d'intervention

Auteur	Méthodologie	Domaine de connaissance
Inhelder, Sinclair et Bovet. (1974)	Enfants de 5 à 11 ans Pré-test, séquence d'apprentissage, 2 post-tests, méthodologie basée sur la méthode clinique-critique	Mathématiques et physique
Weil-Barais, Séré et Landier (1986)	21 enfants de CM2 (10-11 ans) Pré-test, séquence d'enseignement et post-test	Physique Conservation des quantités de gaz
Ravaniset Papamichaël (1995)	104 enfants (50 garçons, 54 filles de 9,5 à 10,5 ans : moyenne d'âge 9,9). Pré-test, groupe expérimental ; séances d'enseignement expérimental (avec 3 à 5 enfants, enseignement effectué par un chercheur) et deux post-tests	Physique Propagation de la lumière
Ravanis (1996a)	40 enfants de 5 ans Pré-test (4 tâches-situations expérimentales), une procédure didactique individuelle et un post-test	Physique L'ombre
Ravanis (1996b)	79 enfants de 5 ans Travail par groupes avec plusieurs institutrices, analyse des enregistrements vidéo	Physique Propriétés magnétiques élémentaires
Diakidoy et Kendeou (2001)	63 enfants de 10 ans Pré-test Un groupe (n= 32) condition d'enseignement expérimentale (prend en compte les conceptions naïves et se focalise sur les explications qui maximalisent la plausibilité de conceptions scientifiques. Un autre groupe (n=31) condition d'enseignement standard (papier-crayon, cahier) Post-test	Astronomie
Hayes, Goodhew, Heit et Gillan (2003)	132 enfants de 6 ans Séquence d'enseignement Trois groupes expérimentaux : un groupe soumis à l'enseignement à propos de la forme de la terre et la gravité, un autre groupe soumis seulement à l'enseignement de la forme de la terre puis un à l'enseignement de la gravité. Matériel utilisé dans les séquences d'enseignement : vidéo, objets. Post-test	Astronomie Forme de la terre
Dumas Carré, Weil-Barais, Ravanis et Shourchek (2003)	24 enfants de 5-6 ans 2 séances d'enseignement-apprentissage sont analysées l'une avec un maître spécialiste (physicien) l'autre avec un maître généraliste.	Physique La formation des ombres
Ravanis, Charalampopudou, Boilevin et Bagakis (2005)	Enfants de 5 ;5 à 6 ;5 ans. Pré-test, intervention didactique et post-test. Deux groupes : expérimental et contrôle.	Physique La formation des ombres
Baldy, Devichi, Aubert, Munier, Merle, Dusseau, Favrat (2005)	1 ^{ère} étude :120 enfants de CP au CM2 évolution du concept d'angle au cours du développement (entretien individuel : une question, une production graphique et une demande d'identification des angles dans un dessin) 2 ^{ème} étude : 72 enfants de CE2 et évaluation de deux séquences d'enseignement, statique et dynamique, à partir de la situation de l'angle de vision. Pré-test, séquence d'enseignement et post-test	Géométrie Le concept d'angle.
Berli, A. E. (2006) in Schnotz, W., Vosniadou, S. et Carretero, M.	Enfants de 8 à 10 ans Trois études ont été réalisées : pré-test, séquence d'enseignement-apprentissage et un ou plusieurs post-tests selon les études	Economie : le système bancaire
Hannust et Kikas (2007)	113 enfants de 5 à 7 ans Pré-test, la moitié de l'échantillon a suivi un enseignement en petits groupes, leur donnant des bases en astronomie et post-test : modalités verbale et graphique (dessins).	Astronomie

- Berti (2006)

Berti étudie comment les conceptions en économie peuvent changer chez les enfants et s'ils appliquent la règle de stricte réciprocité dans le domaine économique.

Trois études ont été réalisées à différents niveaux scolaires (CM2, CM1 et CE1) à propos de la conceptualisation du système bancaire. La méthodologie utilisée est constituée d'un pré-test, une séquence d'enseignement-apprentissage et un ou plusieurs post-tests, selon les études.

Les résultats montrent que les enfants de CM2 ont établi des relations entre les différents concepts travaillés (intérêt, gain, prêt...) et qu'ils ont rapidement abandonné des conceptions erronées. Ces changements ont été évalués comme étant un enrichissement, plutôt qu'une restructuration cognitive puisque l'idée que la banque garde l'argent et s'enrichit est reliée avec l'idée que la banque prête de l'argent. Chez les enfants plus jeunes, les conceptions individuelles restent substantiellement invariables : les dépôts bancaires sont conçus comme étant un moyen de protéger l'argent de voleurs ; l'idée que la banque est une entreprise qui gagne de l'argent, résultat de la différence entre le coût et les recettes à travers la prestation de services, reste incomprise.

Malgré cela, en introduisant une nouvelle relation, un changement se produit en termes de concepts. Les dépôts bancaires ne sont plus considérés comme étant des paquets individuels d'argent, qui se gardent dans un coffre, en attendant que le propriétaire les réclame, mais il est question d'un argent qui circule sous la forme de prêts bancaires.

Berti insiste dans ses conclusions sur l'intérêt de faire une distinction entre « enrichissement » et « restructuration », ce point n'ayant pas été traité suffisamment, selon elle, dans l'approche de Carey (1985). Berti met en avant la nécessité d'être prudent dans l'analyse des résultats, puisque ce qui ressemble à un accroissement peut être un

pas seulement dans une séquence de changements. Néanmoins, reste toujours possible qu'à la fin du processus cet accroissement puisse caractériser une « restructuration faible ou radicale ».

- Hannust et Kikas (2007)

Ces auteurs étudient l'influence de l'apprentissage sur l'évolution des conceptions à propos de la planète Terre. L'échantillon est composé de 113 enfants de cinq à sept ans. Les sujets ont été soumis à un pré-test composé d'un entretien individuel sollicitant deux modalités de réponses chez les enfants : verbale et graphique (dessins). La moitié de l'échantillon a suivi un enseignement effectué en petits groupes donnant des bases en astronomie. Puis tous les sujets ont répondu à un post-test (modalités verbale et graphique).

Selon les auteurs, les résultats montrent que la séquence d'enseignement a permis de promouvoir la notion étudiée et a évité le développement d'un modèle cohérent non scientifique.

4. Paradigme du changement conceptuel dans l'enseignement des sciences

Nous présentons ici deux courants théoriques issus de la littérature anglo-saxonne (nous avons travaillé sur une revue de question de Ozdemir & Clark, 2007), puis un courant issu de la littérature française.

4.1. Deux courants de recherche pour expliquer le changement conceptuel dans la littérature anglo-saxonne à propos de l'enseignement des sciences

Un courant dominant dans le changement conceptuel est celui appelé : « *knowledge-as-theory* » défini comme étant un processus qui se produit à partir de la restructuration significative de connaissances préalables. Tout ce courant a été contesté par l'émergence de l'approche « *Knowledge-as-elements perspective* ».

Les partisans de l'approche « *knowledge-as-theory* »

La théorie piagétienne ainsi que la notion de changement de paradigme de Kuhn (1962) ont eu une grande influence sur les recherches à propos du changement conceptuel à perspective « *knowledge-as-theory* ».

Pour expliquer le changement conceptuel, les partisans de cette approche présentent souvent des analogies entre les concepts d'assimilation et accommodation de Piaget et la notion de changement de paradigme de Kuhn : dans le domaine de la physique (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) ou dans celui de la biologie (Carey, 1985, 1999 ; Wiser & Carey, 1983 ; Hatano & Inagaki, 1996). Certains chercheurs expliquent le changement conceptuel en termes de modèles mentaux [dans la conceptualisation de la forme de la Terre, par exemple (Ioannides & Vosniadou, 2002 ; Linder, 1993 ; McCloskey, 1983 ; Forgeron, Blakeslee & Anderson, 1993 ; Vosniadou, 1994 ; Vosniadou & Brewer, 1992)] ; tandis que d'autres se sont centrés sur les changements ontologiques (Chi, 1992), à propos de concepts comme celui de Force ou de lumière.

Dans cette perspective, le point de départ se fonde sur l'hypothèse que les structures de connaissances naïves sont semblables à une théorie. Les structures logiques sont fondées par des engagements ontologiques et épistémologiques qui présentent la particularité d'être plus ou moins résistants au changement.

Dans cette approche, le changement conceptuel est pensé en tant que restructuration spécifique à l'intérieur d'un domaine particulier (Carey, 1985 ; Gelman & Gallistel, 1978 ; Gelman S., 1988 ; Wellman, 1990). Les enfants restructureraient leur théorie naïve en augmentant leur connaissance dans un domaine spécifique. C'est par l'exposition à de nouvelles expériences et à l'apprentissage que les enfants remplaceraient graduellement leurs structures conceptuelles, au profit de structures conceptuelles scientifiquement correctes. Ces restructurations résulteraient donc de la connaissance accrue des enfants par rapport à un domaine spécifique, des interactions sociales et d'une variété d'influences qui produisent du déséquilibre résultant partiellement du développement de structures logiques chez l'enfant.

Ainsi nous avons différentes données issues de la recherche qui tentent d'expliquer comment se produit le changement conceptuel, cette restructuration cognitive. Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982) ont proposé une théorie selon laquelle la conception de l'apprenant peut être fonctionnelle, si celui-ci arrive à résoudre un problème dans un cadre conceptuel existant. Dans ce cas, l'élève ne sent pas le besoin de changer de conception. Par contre, dans le cas où cette conception que les chercheurs appellent « actuelle » s'avère insuffisante pour résoudre avec succès d'autres problèmes posés, l'apprenant peut opérer des changements conceptuels modérés afin de trouver des solutions. Ce type de changement est défini par le terme de « capture conceptuelle » (Hewson, 1981). Dans d'autres cas, l'apprenant peut abandonner complètement une conception initiale, la considérant insuffisante ou déficiente au profit d'une conception scientifique. Ce changement conceptuel radical est appelé « échange conceptuel » (Hewson, 1981).

Selon Posner et al. (1982), pour être accessible à l'apprenant, la conception scientifique doit être : intelligible, plausible et fructueuse. Intelligible signifie que la nouvelle conception

doit avoir une signification claire pour l'apprenant ; plausible, que l'on doit voir la nouvelle conception comme vraisemblablement vraie ; fructueuse, que cette nouvelle conception doit apparaître potentiellement productive pour résoudre des problèmes. Dans la perspective de Posner et al. (1982), les conditions cognitives qui mènent à un changement conceptuel couronné de succès doivent intervenir tout au long du processus d'apprentissage. Le but principal est de créer un conflit cognitif, c'est-à-dire, mettre l'enfant devant ses contradictions afin d'obtenir une éventuelle révision de son jugement. Ce type d'approche permettraient, de déterminer les conceptions spécifiques à l'enseignement qui résulteraient de l'interaction entre les croyances et les connaissances, dans le contexte d'enseignement-apprentissage.

Posner et al. (1982) situent leur explication du changement conceptuel dans une perspective d'écologie conceptuelle. Selon ces chercheurs, l'écologie conceptuelle d'un apprenant est formée par leurs conceptions et leurs idées enracinées dans leurs croyances épistémologiques.

Bien que les propositions de Posner et al. (1982), concernant les mécanismes primaires du changement conceptuel, aient été rejetées par les partisans de l'approche « *knowledge-as-elements* », il existe un consensus entre les partisans des deux approches : « *knowledge-as-theory* » et « *knowledge-as-elements* », au sujet de la perspective conceptuelle écologique. D'après Posner et al. (1982), dans cette architecture d'écologie conceptuelle, les idées constitutives des catégories ontologiques et les croyances épistémologiques influencent fortement les interactions des apprenants avec les nouvelles conceptions et les nouveaux problèmes. De ce fait, les idées fausses ne sont pas seulement des croyances imprécises, elles font aussi partie de l'apprentissage. Ces conceptions naïves opposent, dans le cadre de l'apprentissage, une forte résistance au changement. Thus, Strike et

Posner (1992) préconisent que cette théorie du changement conceptuel soit incorporée dans un ensemble de présupposés épistémologiques, beaucoup plus généralisables que l'application et l'exploitation des conceptions erronées ou fausses. Ces présupposés épistémologiques suggèrent que le problème de base pour comprendre le développement cognitif est de saisir comment les composants de l'écologie conceptuelle d'un individu agissent réciproquement et se développent et comment l'écologie conceptuelle peut interagir avec l'expérience.

Carey (1985) se situe dans la perspective « *knowledge-as-theory* » en apportant un autre regard. Carey avance que toute différenciation plus fine des domaines conceptuels et de leurs modes propres de structuration est le résultat d'une instruction formelle ou informelle ainsi que d'une déférence croissante de l'enfant aux théories qui ont cours dans son univers culturel. Un rôle prépondérant est accordé à des contraintes externes. Les théories avec lesquelles l'enfant se familiarise progressivement vont entraîner des réorganisations conceptuelles et supplanter les concepts primitifs.

Selon Carey, les concepts et les croyances sont les deux composantes primaires de la connaissance intuitive. Elle défend l'idée que le changement de concept est un processus très difficile, alors que les changements de relations entre les concepts sont relativement faciles. Le changement conceptuel correspondrait à un processus graduel qui se produit au niveau de chaque domaine conceptuel en particulier.

Le changement de concepts peut être réalisé, selon Carey (1991), à travers trois processus : remplacement, différenciation et coalescence. Dans le remplacement, un concept déplace un autre concept, là où les deux concepts sont fondamentalement différents (*overwrite procedure*). La différenciation est un processus par lequel le concept initial se fend, se coupe, se divise dans deux ou plusieurs nouveaux concepts, comme le

chien différencié du Colley et du Terrier. La coalescence est un processus opposé à la différenciation. La coalescence implique que deux ou plusieurs concepts s'unissent dans un concept simple, comme le Colley et le Terrier dans la catégorie plus générale de chien. La restructuration au plan conceptuel peut se faire avec des changements modérés. Carey (1985) nomme ce type de changement « restructuration faible », là où Hewson (1981) a employé les mots : « capture conceptuelle ». Cependant, Carey (1985) considère que le changement peut aussi se produire de façon radicale ; elle le nomme : « restructuration radicale » ; c'est ce que Hewson (1981) dénomme « échange conceptuel ».

D'autres recherches, dans la même perspective que les précédentes (« *knowledge-as-théorie* »), se sont développées en termes de modèles mentaux. Vosniadou et Ioannides (1998), par exemple, ont exploré des changements spontanés ainsi que les changements produits par l'apprentissage en termes de niveaux de modèles mentaux. Durant ce processus graduel, les structures conceptuelles initiales basées sur les interprétations enfantines des expériences quotidiennes sont continuellement enrichies et restructurées par l'observation. Cette position est semblable à celle de Carey (1999). Les explications causales des enfants reflèteraient les engagements ontologiques qui sont soumis à la révision et au changement radical. Le changement en termes de modèles mentaux chez l'enfant aurait une relation directe avec l'apprentissage scientifique formel. L'apprentissage permettrait aux enfants de construire des modèles mentaux synthétiques. Ces modèles impliquent que les enfants commencent à synthétiser la théorie scientifique avec leur théorie initiale. Ils opèrent des changements dans leurs croyances (évolution du concept) mais ils manquent toujours d'une théorie scientifique en raison de leur ontologie et engagements épistémologiques. Le développement de modèles synthétiques révèle des engagements ontologiques qui doivent être changés afin de restructurer entièrement la théorie de l'apprenant. Ainsi, en conformité avec l'avis de Carey, Vosniadou défend l'idée

que la production de modèles scientifiques chez l'enfant est contrainte par la structure de leurs théories (framework theory). Chez des enfants de l'école primaire (Vosniadou & Brewer, 1992), à titre d'exemple, nous citerons l'évolution des conceptions de la Terre.

Les modèles initiaux se basent exclusivement sur les observations de l'expérience quotidienne : « la Terre a une forme rectangulaire, dessous il y a de l'eau ».

Le modèle synthétique surgit de la tentative de concilier l'information scientifique transmise par la culture, avec les observations basées sur l'expérience quotidienne : « la Terre a la forme d'une sphère creuse et est entourée par l'espace, les personnes vivent à l'intérieur de la sphère ». Le modèle scientifique coïncide avec la version scientifique du phénomène physique. Les conceptions alternatives font référence aux modèles synthétiques et prennent naissance dans la révision des présuppositions du cadre de référence (framework theory). Deux présuppositions sont particulièrement importantes pour expliquer, d'après Vosniadou (1994), la formation de modèles initiaux et synthétiques que construisent les enfants au sujet du concept de la Terre : la présupposition selon laquelle l'espace est organisé en termes de directions : de haut en bas et, la présupposition que les objets non soutenus tombent vers le bas.

Toujours dans la perspective « *knowledge-as-théorie* », Chi (1992) a avancé des propositions intéressantes. Pour Chi (1992), la clé du changement conceptuel est le changement ontologique qui se fait dans le long terme. Ce processus est dur et difficile car l'enfant assigne le concept à une catégorie ontologique très différente de celle du scientifique ou manque d'une catégorie ontologique appropriée à laquelle le concept pourrait être assigné. Si les enfants prennent conscience que leurs engagements ontologiques sont en complète contradiction avec la théorie scientifique, alors, ils peuvent assigner le concept dans une catégorie correcte en révisant leurs engagements

ontologiques, les catégories et présuppositions. Les chercheurs travaillant dans ces perspectives, soulignent que les changements radicaux n'ont pas lieu soudainement. Ces changements résultent de processus évoluant dans le temps et de manière graduelle. Restructurer un réseau entier de croyances et de présuppositions, avec changement de catégories ontologiques ne peut être envisagé que sur le long terme.

Alors que Chi (1992) met au centre du changement conceptuel celui du changement ontologique, Vosniadou et Ioannides (1998) suggèrent que le changement ontologique est seulement un des changements exigés dans le processus de la mise en place d'une théorie. D'après ces auteurs, les enfants doivent réviser leur système conceptuel initial en ajoutant les éléments d'explication scientifique, et cela ne se fait pas de façon soudaine. Vosniadou et Ioannides (1998) mettent en avant le poids de l'apprentissage donnant une plus grande puissance explicative à l'intérieur des constructions théoriques des enfants. D'après ces chercheurs, l'apprentissage, en tant que facteur est à prendre en compte, au même titre que le besoin de changement ontologique qui favoriserait le changement conceptuel.

Hatano et Inagaki (1996) se sont intéressés également aux théories naïves des enfants, dans le domaine des concepts biologiques. Leur avis est compatible avec celui de Carey (1999) : les jeunes enfants, avant d'entrer à l'école, possèdent déjà des conceptions à propos du développement corporel et de certaines connaissances biologiques. Cela permet aux enfants de faire des prédictions cohérentes et de donner des explications aux phénomènes biologiques. La connaissance naïve est construite par des expériences quotidiennes très tôt chez l'enfant et la biologie formelle se construit, d'après Hatano et Inagaki (1986), par la restructuration progressive de la biologie naïve. Autrement dit, les conceptions des enfants peuvent être considérées comme naïves et différentes de celles

des scientifiques ; cependant, elles sont issues de modes de raisonnement organisés, basés sur leurs connaissances antérieures.

Les travaux relevant de l'approche « *knowledge-as-theory* », sont récapitulés dans le tableau 3, par auteur.

Tableau 3 : *Tableau récapitulatif des recherches à propos du changement conceptuel dans l'approche "knowledge-as-theory"*

Auteur	Domaine de connaissances	Description de l'évolution	Déterminants de l'évolution
Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982)	Physique	Changement conceptuel = perspective d'écologie conceptuelle.	Rapport entre conditions cognitives et apprentissage (utilisation du conflit cognitif) Interaction entre les croyances et les connaissances dans le contexte d'enseignement-apprentissage. Interaction de l'écologie conceptuelle avec l'expérience
Thus, Strike et Posner (1992)	Physique	L'écologie conceptuelle d'un apprenant est formée par leurs conceptions et leurs idées enracinées dans leurs croyances épistémologiques. Changement conceptuel modérée = « capture conceptuelle » (Hewson, 1981) Changement radical = « échange conceptuel » (Hewson, 1981)	
Carey, (1985, 1991)	Biologie	Processus graduel, qui se produit au niveau de chaque domaine conceptuel en particulier. Changements modérés. = « restructuration faible », Changement radical = « restructuration radicale »	Travailler à l'échelle de domaines conceptuels particuliers Apprentissage de connaissances
Vosniadou et Ioannides (1998)	Physique (forme de la planète terre)	Processus graduel Les structures conceptuelles initiales sont continuellement enrichies et restructurées par l'observation.	Apprentissage de connaissances Favoriser le changement ontologique
Vosniadou et Brewer (1992)	Physique (forme de la planète terre)	Modèles initiaux / modèles synthétiques/ restructuration radical / modèles scientifiques	
Hatano et Inagaki (1996)	Biologie	Restructuration progressive de la biologie naïve.	Apprentissage de connaissances
Chi (1992)	Physique (force, lumière)	La clé du changement conceptuel est le changement ontologique.	Favoriser le changement ontologique

A titre de bilan, nous retiendrons particulièrement que la restructuration conceptuelle se réalise de façon graduelle, en augmentant les connaissances dans un domaine spécifique, sous l'influence de nouvelles expériences et notamment des apprentissages scolaires.

Les partisans de l'approche « *knowledge-as-elements* »

Tandis que la perspective « *knowledge-as-theory* » sur le processus de changement conceptuel est largement partagée par une grande partie de la communauté scientifique, plusieurs chercheurs ont préconisé de s'y opposer (Brown, 1995 ; Clark, 2006 ; DiSessa 1988, 1993 ; Hunt & Minstrell, 1994 ; Linn, Eylon, & Davis, 2004). Dans cette approche, la connaissance de l'élève est considérée comme étant constituée d'éléments quasi-indépendants, le changement conceptuel est marqué par une intégration de ces éléments dans une structure conceptuelle plus large. Selon Carretero (2006), la faible cohérence des représentations naïves des enfants avec le savoir scientifique s'explique, dans cette approche, par un déficit métacognitif des enfants ainsi que par des niveaux de compréhension inadéquats.

Dans cette perspective plusieurs recherches tentent d'expliquer comment se produit le changement conceptuel. DiSessa (1998,1993) se centre sur la nature des éléments du changement, Clark (2006) sur le processus longitudinal du changement Hunt et Minstrell, (1994), sur les différentes manières par lesquelles les enfants expliquent le monde dans un contexte de classe, et Linn, Eylon, et Davis, (2004) mettent en avant le processus à travers lequel les enfants réorganisent, révisent et mettent en relation les éléments dans un contexte d'apprentissage (processus de restructuration et réorganisation des idées).

Dans la perspective « *Knowledge-as-elements* », celle de DiSessa est la plus connue. DiSessa (1993) propose que les structures de connaissance de novices consistent principalement en collections peu ou pas structurées de beaucoup d'éléments simples appelés p-prims (primitive phenomenologique). Les p-prims se développent à travers nos interactions avec le monde physique, tels que : pousser, tirer, lancer et tenir. Les p-prims sont des interprétations superficielles de la réalité physique. L'apprenant suppose

simplement que quelque chose arrive, parce que c'est comme cela que les choses se font. Ces présuppositions implicites influencent le raisonnement des enfants quand ils interprètent le monde (Ueno, 1993). Les p-prims n'ont pas le statut d'une théorie, parce qu'elles ne sont pas produites ou activées par un système fortement organisé, comme la structure des théories proposées par la perspective « *knowledge-as-theory* ». Ces p-prims sont le produit des expériences et observations des enfants, ainsi que des capacités d'abstraction. Les p-prims individuelles ne sont pas encore connectées dans de plus grands réseaux conceptuels.

Southerland, Abrams, Cummins et Anzelmod (2001) ont exploré la nature de la structure des connaissances biologiques des enfants. Ils ont conclu que les p-prims ont un pouvoir plus explicatif que la théorie des structures conceptuelles, au sujet de la qualité de la nature changeante de conceptions à propos de phénomènes biologiques.

Clark (2006), dans une étude longitudinale en thermodynamique, suggère fortement que la compréhension du concept de chaleur et de température des enfants peut être expliquée à travers une perspective d'éléments reliés entre eux (rapport entre éléments). Selon la perspective « *Knowledge-as-elements perspectives* », les enfants connectent et activent spontanément ces éléments de connaissances en fonction de leur pertinence par rapport à la situation. Pendant le processus de changement conceptuel, les éléments et les interactions entre les éléments sont révisés et affinés, en additionnant, en éliminant et en réorganisant, afin de renforcer le rapport entre les éléments du réseau. Dans cette perspective, le changement implique un processus qui évolue peu à peu, plutôt qu'un processus de remplacement plus large et général.

4.2. La théorie de champs conceptuels de Vergnaud, un cadre théorique pour le changement conceptuel

En ce qui concerne la problématique du changement conceptuel en France, nous mettrons en avant la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (déjà évoquée dans le chapitre 1 point 3.3). Ce chercheur met en avant la nécessité d'étudier l'évolution conceptuelle en termes d'enrichissement de compétences au cours de l'expérience et notamment de l'expérience scolaire. Vergnaud a travaillé notamment sur les concepts mathématiques mais sa théorie trouve toute sa place également dans le traitement de concepts en physique.

Définition du concept, de champ conceptuel et implications dans la problématique du changement conceptuel

Pour Vergnaud (1994), « le champ conceptuel est un ensemble de situations dont le traitement implique des schèmes², concepts et théorèmes, en étroite connexion, ainsi que les représentations langagières et symboliques susceptibles d'être utilisées pour les représenter » (Vergnaud, 1994, p. 71).

De la définition de Vergnaud plusieurs points sont à mettre en avant :

- a) un champ conceptuel est un ensemble de concepts ;

² Vergnaud définit le schème comme l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situation donnée. C'est un concept général, qui concerne à la fois l'organisation des gestes de la vie quotidienne et des gestes professionnels, l'organisation des formes langagières et énonciatives du dialogue ou celles des opérations de pensée permettant de traiter des problèmes scientifiques ou techniques d'une certaine classe. L'interaction sociale est aussi concernée par des schèmes. Le schème fonctionne comme un tout, c'est une totalité dynamique fonctionnelle, une sorte de module finalisé par l'intention du sujet et structuré par les moyens qu'il utilise pour atteindre son but.

- b) les concepts permettent d'analyser les opérations de pensée mises en œuvre dans les schèmes de traitement utilisés par les enfants ;
- c) les situations fournissent la référence et la fonction des connaissances impliquées dans les schèmes ;
- d) la théorie de Vergnaud nous porte à analyser un concept en relation aux différentes facettes conceptuelles inter-reliées (champ conceptuel). Chacune de ces relations nous donnent la possibilité de construire plusieurs catégories de problèmes distincts et d'une difficulté variable.

Vergnaud (1994), signale que c'est dans les situations que l'enseignant a la possibilité d'amener les enfants à enrichir leur répertoire et à rejeter des conceptions erronées. Cependant, il met en avant le fait que l'enseignant ne peut conduire et contrôler les processus de conceptualisation que s'il aide les enfants à analyser les objets et les relations contenus dans les situations. C'est à propos de ce dernier point que Vergnaud introduit la nécessité d'utiliser différents registres d'expression ainsi que les rapports signifiants (avec les trois fonctions, *cf.* tableau 4) et signifiés.

Tableau 4 : Les trois fonctions des signifiants d'après Vergnaud (1994)

Fonction	Description
Communication : prédicative et de représentation	Les signifiants langagiers servent à attirer l'attention sur les objets, les propriétés, les relations, les actions, les but ou intentions.
Organisation des étapes de construction du concept et mise à disposition des résultats intermédiaires.	Importance de la trace écrite. Influence déterminante sur la décomposition de l'activité en phases et étapes.
Accompagnement de la pensée (fonction référentielle)	Fonction retrouvée chez les enfants qui parlent à voix haute lorsqu'ils essayent de résoudre un problème

Le propre des activités intellectuelles est qu'elles font usage de plusieurs sortes de signifiants à la fois (langagiers, graphiques, algébriques...) et que le gain apporté par l'usage de l'un vient compenser les insuffisances de l'autre et réciproquement (Vergnaud, 1994).

Un tel cadre permet de comprendre la complexité du processus du changement conceptuel, qui selon Vergnaud est multidéterminé. Il faut tenir compte du concept en relation aux différentes facettes conceptuelles inter-reliées (champ conceptuel), de tâches cognitives inhérentes aux situations, des opérations de pensée mises en œuvre dans les schèmes, de la nécessité de prendre en compte les articulations puis les mises en correspondance entre les différents registres d'expression.

5. En guise de conclusion...

L'objet de ce chapitre était de faire un état des recherches sur l'évolution de la conceptualisation du réel chez l'enfant entre cinq et onze ans. Ces recherches ont l'intérêt d'avoir mis en lumière un certain nombre de faits :

- à propos de l'intervention psycho-didactique : l'influence pour certains chercheurs de facteurs externes au sujet permettant, selon les conditions de renforcer ou d'accélérer le changement conceptuel (Inhelder & al., 1974 ; Weil-Barais, & al., 1986 ; Hayes et al., 2003 ; Hannust et al., 2007) ; l'importance du contenu des questions posées aux enfants (Panagiotaki et al., in press) ; l'intérêt de faire travailler les enfants avec des objets de manière autonome (Ravanis, 1996) ; l'influence des contenus d'apprentissage sur le changement conceptuel (plus de facettes conceptuelles ciblées, plus les enfants évoluent dans leurs conceptions) (Hayes et al., 2003) ; l'intérêt de prendre en compte les conceptions naïves des enfants comme point de départ à toute démarche d'apprentissage pour favoriser le changement conceptuel (Diakidoy et al., 2001) ; le fait que les productions des enfants sont très liées aux exigences des adultes (Dumas Carré et al., 2003) ; la mise en avant des procédures didactiques de déstabilisation de conceptions erronées, notamment par l'utilisation de l'événement impossible (Ravanis et al., 1995) ; faire prédire

des résultats aux enfants ; faire confronter les prédictions aux expériences, travailler avec les enfants sur les contradictions (Weil-Barais, et al., 1986) ; la nécessité de conduire des recherches dans des conditions écologiques (Ravanis, 2005) ;

- à propos de l'évaluation : l'utilisation de différents registres d'expression auprès des enfants ; pour certains, l'entretien verbal seulement, pour d'autres le langage verbal ainsi que le langage graphique et parfois l'utilisation de constructions en 3D ; l'importance de l'utilisation d'artefacts culturels afin d'appuyer le questionnement des enfants (Panagiotaki et al., in press) ;

- à propos des caractéristiques du changement conceptuel : processus long, difficile, graduel ; une évolution des enfants dans la conceptualisation des phénomènes qui se fait avec l'âge (processus développemental) ; la résistance de la représentation naïve ; les différentes explications avancées à propos des origines et des étapes du changement conceptuel pourraient expliquer la transformation qui se produit au plan des structures.

Nous constatons un nombre peu important de travaux sur la problématique développement et apprentissage impliquant de très jeunes enfants. C'est pourquoi nous allons nous intéresser à la période préscolaire et notamment à la Grande Section de Maternelle (enfants de 5 ans).

Concernant notre étude, nous avons retenu l'idée de concevoir et d'évaluer une intervention en classe centrée sur l'évolution des conceptions des enfants (approche longitudinale) à propos du phénomène de la formation des ombres (phénomène que nous avons choisi et dont nous ferons une étude approfondie dans le chapitre suivant). Nous retenons donc, des études précédentes, l'idée de la mise en place d'un ensemble de situations expérimentales. Le paradigme retenu suivra l'ordre suivant : demande de prédiction, confrontation avec les données de l'expérience, discussion et confrontation

jusqu'à arriver à un consensus. Différents registres d'expression seront sollicités. L'intervention des adultes sera centrée sur une démarche de médiation qui favorisera les aspects opératifs de la pensée de l'enfant dans de conditions écologiques. Notre objectif sera d'étudier la relation entre initiation scientifique et développement intellectuel par l'analyse de différents processus à l'origine du changement conceptuel.

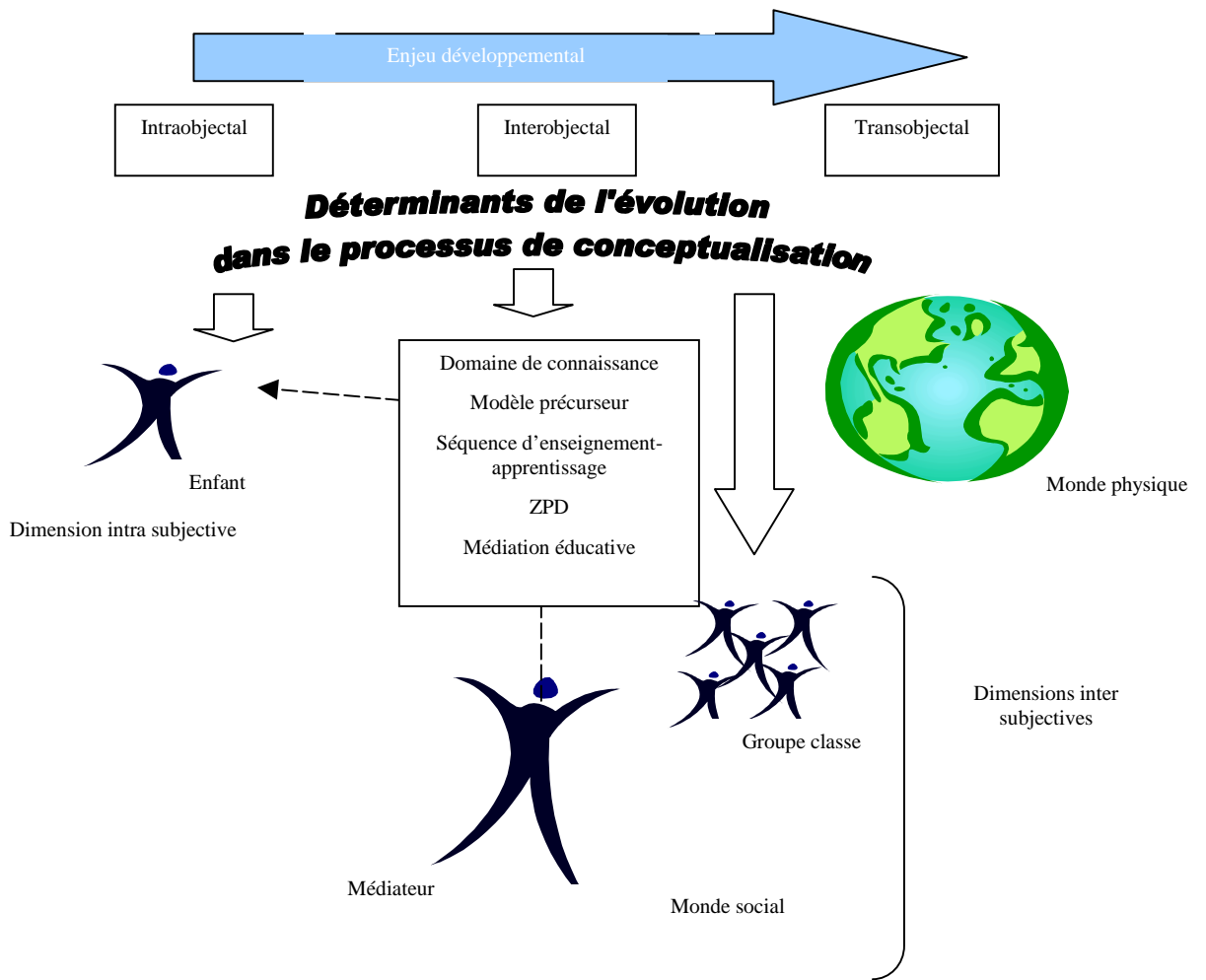


Figure 5 : Composants et déterminants de l'évolution du processus de conceptualisation

Nous faisons l'hypothèse de l'intervention de trois types de processus qui sous-tendent l'évolution intellectuelle (*cf.* figure 5) : des processus internes au sujet (mise en place d'un traitement relationnel du réel par le biais de l'abstraction réfléchissante), des processus externes au sujet (milieu, situations-problèmes, le phénomène physique auquel l'enfant va être confronté...) ; des processus interactionnels qui se jouent dans la relation sujet-milieu-environnement médiatisé par l'enseignant. Si l'idée centrale est d'essayer de savoir comment font les enfants pour construire un modèle leur permettant d'évoluer d'une conception première, naïve ou pré-conceptuelle à une conceptualisation plus proche des modèles savants, alors nous nous questionnerons sur la manière dont se traduit cette « migration » au plan empirique dans ces processus à triple entrée. Nous garderons à l'esprit les quatre modèles qui sous-tendent notre démarche.

1. Modèle de connaissance et des activités cognitives afférentes : domaine de connaissance (la formation des ombres) ainsi que la mise en place des éléments du modèle précurseur (concept qui sera développé dans le chapitre 3) ;
2. Modèle d'intervention didactique : stratégie pédagogique, choix de situations, médiation et tutelle ;
3. Modèle des compétences supposées se former : aller au-delà des aspects figuratifs de la pensée en favorisant la mobilisation d'aspects opératifs ;
4. Modèle de développement : de l'intra à l'inter et au transsubjectal (présenté dans le chapitre 1).

CHAPITRE 3. DOMAINES DE CONNAISSANCES

Résumé du chapitre

Ce chapitre fait état tout d'abord d'une réflexion sur le choix du phénomène physique de la formation des ombres ainsi que sur le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre en tant que champs de connaissances explorés dans la thèse. Cette réflexion est poursuivie par l'étude de la traduction de l'explication des phénomènes par les enfants au plan cognitif, en relation au modèle développemental de Piaget et Garcia (1983). La suite est centrée sur la présentation des modèles précurseurs (« interposition source-objet » et « action mécanique sur la crème », dont les constructions sont visées par les propositions didactiques mises à l'essai dans la thèse.

1. Introduction

Nous avons constaté au cours du premier chapitre que dans la relation développement et apprentissage le point central est la conceptualisation du réel. Dans le deuxième chapitre, nous avons mis en avant, entre autres, la conception du concept d'après Vergnaud ainsi que sa théorie qui nous conduit à penser en termes de champs conceptuels. Cela implique qu'un concept ne réfère jamais qu'à un seul type de situations, et que, réciproquement, une situation nécessite toujours de faire appel à différents concepts inter-reliés pour être expliquée. Nous avons fait le choix de travailler avec les enfants, dans un premier temps, sur le phénomène physique de la formation des ombres abordé du point de vue de l'optique géométrique. Différents concepts sont à prendre en compte pour expliquer le phénomène de l'ombre (propagation de la lumière, interposition d'un objet, le

positionnement spatial de composants....). Puis, dans un deuxième temps, le choix s'est porté sur la fabrication du beurre abordée en tant que phénomène physico-chimique.

L'objet de ce chapitre est d'étudier les phénomènes sous plusieurs angles. Nous justifierons notre choix. Nous tenterons de montrer comment nous traduisons l'évolution de l'explication que donnent les enfants des deux phénomènes au plan cognitif, en faisant référence au modèle développemental de l'intraobjectal à l'interobjectal et au transobjectal (Piaget & Garcia, 1983), présenté de manière générale dans le chapitre un. Nous nous centrerons notamment sur les processus et les mécanismes de passage entre les différents paliers d'évolution. Notre apport sera d'effectuer certains changements au modèle général, afin de mieux l'adapter à notre démarche d'investigation. Nous terminerons par la présentation des deux modèles précurseurs dont la construction est visée par les séquences d'enseignement-apprentissage que nous avons conçus à des fins développementales, dans le sens de Weil-Barais et Lemeignan (1993).

2. Les phénomènes

Nous introduisons ci-après l'étude des deux phénomènes explorés dans la thèse. Tout d'abord le phénomène physique de la formation des ombres puis celui de la fabrication du beurre.

2.1. Le phénomène physique de la formation des ombres

Nous avons pris la décision de prendre un domaine déjà exploré : la formation des ombres. Des expérimentations précédentes ont montré la faisabilité d'activités scientifiques adaptées à de jeunes enfants (Piaget, 1927 ; 1945 ; Devries, 1986 ; Ravanis, 1996 ; Molina & Jouen, 2000 ; Dumas Carré et al., 2003 ; Ravanis, 2005).

Le choix se porte sur ce phénomène puisque le référent empirique existe (il est donné à la perception immédiate) ; par conséquent, il n'est pas à construire. De plus, sa compréhension implique la mise en place d'un raisonnement spatio-causal, en faisant appel à la construction d'une « absence-présente » plutôt qu'une « présence » (la matérialité de l'ombre n'en étant pas une, au sens de la matière). Nous verrons plus avant l'importance de ces deux points par rapport au modèle développemental proposé par Piaget et Garcia (1983).

Dans le travail avec des très jeunes enfants, un aspect est à souligner : il s'agit de la possibilité de réaliser une expérimentation avec du matériel facilement manipulable (objets divers, lampes de poche...) et sans danger, ce que nous offre le phénomène choisi.

Nous disposons également des données issues de la recherche à propos d'obstacles épistémologiques déjà identifiés (dans le sens de Bachelard, 1938). Nous avons recensé plusieurs études qui montrent, d'une part, la difficulté des enfants à se distancier d'une approche isomorphique entre l'objet et l'ombre et, d'autre part, la difficulté à reconnaître la fonction de la lumière dans la formation du phénomène (Piaget, 1927 ; 1945 ; Devries, 1986 ; Ravanis, 1996 ; 1999 ; Dumas Carré et al., 2003 ; Ravanis, 2005). Ces deux obstacles font que l'ombre est perçue par les enfants comme une propriété qui est rattachée à l'objet. Tout objet a une ombre et elle « sort » sous certaines conditions. Ces obstacles peuvent être sources de troubles, d'inertie, de stagnation et même de régression dans le processus de conceptualisation. D'où l'importance, pour nous de les prendre en compte, afin de mettre en avant des objectifs-obstacles (Martinand, 1986) lors de la mise en place des activités auprès des enfants. C'est ainsi que nous avons conçu des situations susceptibles de mettre les enfants en conflit avec leurs conceptions naïves, afin de les aider à avancer dans le « chemin » conceptuel.

Revenons maintenant à la faisabilité du travail chez les enfants d'âge préscolaire, point qui a retenu particulièrement notre attention. Elle a été montrée par une série d'activités adaptées, notamment dans l'étude de Dumas Carré et al. (2003), travail que nous avons choisi, comme étant notre étude de référence (les grandes lignes en ont été déjà présentées dans le deuxième chapitre). Nous proposons ici une analyse des conditions et des enjeux des expérimentations : les enjeux du savoir, les conditions de mise en œuvre, le matériel, le dispositif expérimental (activités et manipulations), les tâches et questions, la stratégie pédagogique, en indiquant ceux que nous retenons, ceux que nous écartons et ceux que nous modifions au regard de la mise en place de notre étude.

Dumas Carré et al. (2003) ont proposé une exploration guidée de la formation des ombres par des enfants de Grande Section de Maternelle (entre 5 et 6 ans) en petits groupes. Nous faisons le choix, pour notre étude, de travailler avec le groupe classe dans sa totalité, en raison des contraintes liées au fonctionnement de la classe où nous avons expérimenté et pour nous assurer de la validité écologique de nos résultats (Ravanis, 2005).

Les adultes qui interviennent dans l'étude de Dumas Carré et al. (2003) ne sont pas les maîtres habituels du groupe classe : l'un est un chercheur en didactique de la physique (maître spécialiste), avec aucune connaissance des enfants de maternelle ; l'autre, un maître qui effectue un stage (maître généraliste), avec aucune connaissance ni formation scientifique. En ce qui concerne notre étude, nous envisageons de travailler avec l'enseignant habituel des enfants, en réalisant un travail de recherche, dans un contexte naturel de développement. La place du chercheur sera, entre autres, d'initier et de former l'enseignant au cadre théorique retenu pour la conception de la séquence d'enseignement-apprentissage et son évaluation.

Concernant les enjeux du savoir, nous allons nous inspirer des éléments du modèle précurseur de l'étude de référence, en y ajoutant quelques caractéristiques supplémentaires (nous reviendrons sur ce point plus loin). Nous retiendrons donc la distinction entre ombre et lumière, l'interprétation en termes d'obstacle, de source et d'ombre ainsi que le dépassement de deux représentations obstacles : la substantialité de l'ombre et l'attachement de l'ombre à l'objet (Ravanis, 1996). Nous avons ajouté les notions de transparence et d'opacité des objets. Nous pensons en effet que la mise en évidence de ce type de propriétés peut aider l'enfant à construire une explication du phénomène en termes d'interposition.

A propos du matériel et du dispositif expérimental, nous rappellerons les points les plus saillants de l'étude de référence qui se rapportent aux deux intervenants.

Le maître spécialiste conçoit un dispositif expérimental à caractère scientifique. Ce dispositif est posé sur une table sur laquelle se trouve une feuille de papier blanc. Il est tel que les aspects modifiables par manipulation sont l'objet et la position de celui-ci par rapport à la source lumineuse (par variation de l'orientation de l'objet et de sa distance par rapport à la source). Le tout est placé dans un coin de la classe un peu isolé du reste par des meubles bas, les rideaux fermés ne produisant qu'une pénombre.

De son côté, le maître généraliste n'a pas recours à un dispositif expérimental. Il présente aux enfants un objet familier, une marionnette représentant un canard dont la forme et la taille globale pouvaient être modifiés (l'objet est déformable). Il faisait appel à plusieurs sources lumineuses : naturelle (le soleil dans la cour) et artificielles (lampe torche et lampe de bureau). L'activité est introduite sur le mode de la fiction : la marionnette canard (Jean), son ombre est son ami. Voici les formes discursives utilisées par le maître généraliste pour

introduire l'activité : Jean perd son ami, que peut-on faire pour le retrouver ?, que peut-on faire pour que l'ami de Jean bouge ?...

Concernant les tâches et questions, quatre tâches bien spécifiées sont prévues par le maître spécialiste :

- 1) choisir un objet dans une collection, le nommer et l'installer pour faire son ombre ;
- 2) avec un même objet, faire une ombre plus petite ou plus grande ;
- 3) avec un même objet faire une ombre de forme différente ;
- 4) choisir deux objets qui font des ombres « pareilles ». La collection d'objets est conçue pour explorer divers paramètres : nature de l'objet, taille, aspect...

Le maître généraliste conduit sa séance d'une autre façon : son intervention est conçue à partir de l'intérêt des enfants pour les jeux d'ombre. Aucune tâche n'est programmée.

Pour notre étude, nous allons nous inspirer de la démarche expérimentale privilégiée par le maître ayant une formation scientifique (« le maître spécialiste »).

Concernant les explications données par les enfants à propos du phénomène ombre et lumière, les chercheurs ont mis en évidence les difficultés des enfants à établir des relations entre les éléments constitutifs du phénomène et à comprendre le rôle de la lumière dans la formation du phénomène.

Tirant profit des remarques critiques des chercheurs, nous avons décidé de laisser la possibilité aux enfants de manipuler la source lumineuse pendant la séquence d'enseignement-apprentissage, ce qui n'avait pas été fait dans l'étude de Dumas Carré et al. où les enfants ont manipulé différents objets au sein d'un dispositif où la source lumineuse était fixe.

Pour introduire le thème nous avons décidé d'utiliser un moyen audiovisuel. Nous avons donc réalisé au préalable des analyses de films, en accordant une attention particulière à la manière dont le thème est abordé. Nous avons décidé d'écarter d'emblée tous les films dans lesquels il est question d'une approche du phénomène centrée sur l'imagination, tel Peter Pan.

Nous avons également décidé d'aménager un endroit dans la salle de classe, suffisamment spacieux, afin de permettre aux enfants de se déplacer. Tous les objets proposés pour l'expérimentation sont mobiles, excepté l'écran prévu à un emplacement fixe.

Une différence majeure avec notre étude de référence est celle d'introduire deux activités graphiques de formalisation au cours de la séquence d'enseignement-apprentissage. L'une se déroule après chaque séance, de façon individuelle ; l'autre consiste à décider collectivement de la trace écrite à laisser sur le calendrier de la classe. La formalisation en groupe nous semble essentielle afin de garder une trace du travail accompli. Les traces écrites individuelles ou collectives sont pour nous constitutives du savoir et de l'acquisition des démarches spécifiques aux activités scientifiques. Le langage graphique est un « artefact culturel » et un « instrument médiateur » de la pensée.

Dans l'étude de référence, la stratégie pédagogique retenue *a priori* par le maître spécialiste est du type : demande de prévision (prédiction) – manipulation – constat – explication. Le maître demande systématiquement aux enfants de parler avant d'agir ; cependant ce choix *a priori* n'a pas été tenu à 100% ; il est arrivé que les enfants agissent avant de parler.

En ce qui nous concerne, nous avons décidé d'adopter la même stratégie, en faisant respecter scrupuleusement l'ordre des activités : verbalisation avant toute manipulation, de

façon à éviter que les enfants agissent par essai-erreur. L'idée est de faire exprimer des prédictions, afin de pouvoir les confronter à l'expérience, pour arriver à un consensus. Rappelons-nous, que la connaissance scientifique est publique et partagée, d'où la nécessité d'accords intersubjectifs.

Dans la prolongation de la recherche de Dumas Carré et al. (2003), nous nous centrerons sur l'étude des déterminants de l'évolution de la conceptualisation du phénomène de la formation des ombres chez les enfants de 5 ans.

2.2. Le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre

Après avoir travaillé sur le phénomène physique de la formation des ombres, nous étions à la recherche d'un autre phénomène qui puisse présenter un traitement sur des entités non visibles, sans dangerosité pour les enfants et à caractère innovant. Dans la littérature, nous n'avons pas trouvé de travaux concernant des approches possibles des phénomènes chimiques à l'école maternelle. Il s'avère que, dans le cadre de nos recherches, une enseignante nous a fait part de son intérêt de mettre en place une séquence d'enseignement-apprentissage concernant la fabrication du beurre. Cette enseignante avait eu connaissance de notre travail à propos des ombres et elle était tout à fait disposée (ainsi que la directrice de l'établissement et l'inspectrice) à se lancer dans cette proposition innovante, ayant à l'esprit le modèle développemental de l'intra à l'interobjectal comme référence ainsi que la mise en place d'un modèle précurseur adapté à des enfants de GSM. Nous avons étudié les différents processus à l'œuvre dans la fabrication du beurre et, après avoir interrogé le savoir savant, nous avons considéré qu'il était possible d'envisager un projet avec ce type de contenu. Après accord institutionnel nous avons décidé de mettre en place une séquence d'enseignement-apprentissage à propos de ce

phénomène afin d'en tester la faisabilité en GSM (la dite séquence est développée dans le chapitre 9).

Caractéristiques auxquelles fait référence le modèle savant à propos de la fabrication du beurre

Le beurre est le résultat d'une action mécanique sur la crème : le barattage. Battre la crème fait éclater les globules gras, ils se soudent entre eux, formant des grains de beurre et libérant un liquide blanc (babeurre ou petit lait) : c'est du lait totalement écrémé. Après barattage, les grains de beurre sont lavés pour éliminer le reste de babeurre. Puis ils sont malaxés pour les amalgamer et former un « gâteau » qui sera découpé et conditionné en plaquette. La machine qui permet de transformer la crème en beurre est une baratte.

Phases de la fabrication du beurre

1) La matière grasse du lait est en suspension. 2) Ecrémer : dans une écrémeuse centrifugeuse, l'eau, plus lourde, est projetée sur les bords, les globules de matière grasse se rassemblent au milieu. La crème composée de globules gras et de lait sans crème, est séparée du lait par centrifugation. 3) Mûrir la crème : après pasteurisation, la crème repose quelques heures (6°C), pour que se produisent deux phénomènes naturels. L'un de ces phénomènes est la maturation physique « cristallisation » au froid d'une partie des acides gras réunis en triglycérides, composants de base de la matière grasse, qui déterminera la texture du beurre obtenu au barattage et limitera les pertes de matière grasse dans le babeurre. Le deuxième phénomène est celui de la maturation biologique, c'est-à-dire, l'acidification due au développement de ferments lactiques, qui jouera un rôle particulier sur le goût du beurre : production de diacétyl naturel. 4) Baratter : les globules de matière grasse agités se soudent en petits grains, le babeurre s'écoule. 5) Malaxer : c'est un

procédé qui a pour objet de rendre la pâte du beurre homogène et d'y répartir les fines gouttelettes d'eau. 6) Le beurre est prêt à l'emploi.

Opérations de stabilisation physico-chimique, émulsions – définitions³

Il est souvent nécessaire de rendre compatible deux liquides non miscibles afin que leur mélange puisse être manipulé ou utilisé sans démixtion. L'une des techniques les plus répandues consiste à émulsifier une phase dans l'autre (*cf.* figure 6), en couplant une agitation mécanique à l'utilisation d'un composé émulsifiant, stabilisant l'interface formée.

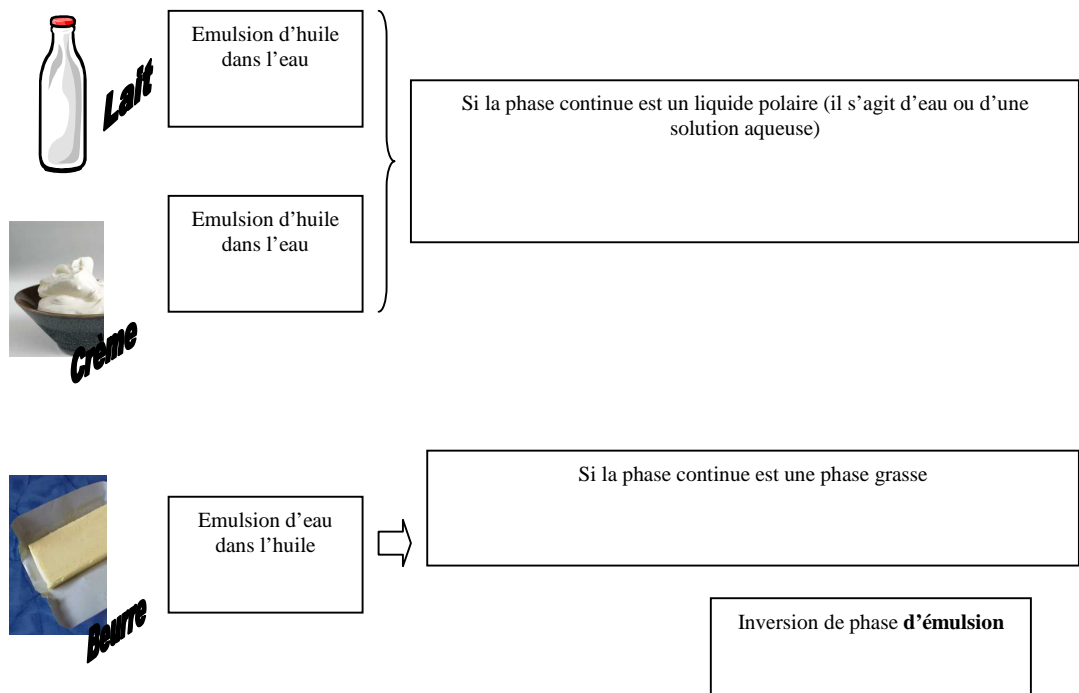


Figure 6 : Emulsions et phases

³Ces considérations sont issues de l'ouvrage suivant : Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. & Brule, G. (2006). *Science des aliments : Biochimie, microbiologie, procédés, produits*. Editions TEC&DOC.

La formulation obtenue est une émulsion, qui peut le plus souvent être décrite comme une dispersion des gouttelettes, de l'une des phases dans l'autre. On distingue donc une phase dispersée est une phase continue (dispersante).

3. Le modèle développemental : de l'intraobjectal à l'interobjectal et au transobjectal

Comme nous l'avons déjà avancé dans le deuxième chapitre, si nous voulons mettre en relation l'apprentissage avec le développement intellectuel, nous devons travailler, entre autres, avec un modèle de développement qui rendra compte des progrès des enfants. Le modèle général du développement de l'intraobjectal à l'interobjectal et au transobjectal, a déjà été introduit dans le premier chapitre. Nous insisterons ici, sur l'explication des processus et des mécanismes de passage d'un palier aux suivants impliqués dans ce modèle, afin de donner une vue d'ensemble beaucoup plus détaillée.

D'après Piaget et Garcia (1998), le processus d'assimilation est central dans le modèle de développement qu'ils préconisent, puisque l'assimilation implique que la connaissance est considérée comme étant une relation indissociable entre le sujet et l'objet. L'objet constitue un contenu auquel le sujet impose une forme extraite de structures précédentes et toujours ajustée au contenu. De ce fait, le processus d'assimilation va être modifié par le biais de l'accommodation. Cette dernière correspond à une différenciation en fonction de l'objet. Ce point a une importance capitale, notamment dans le cas d'assimilations conceptuelles, puisque cette assimilation implique une permanente structuration. De ce fait, nous ne sommes pas dans une connaissance qui copiera le réel, nous sommes dans un processus de construction. Quant les auteurs font référence à l'assimilation, ils mettent en avant que

le processus comprend les formes ou schèmes créés par le sujet, ainsi que les contenus que le sujet est censé structurer.

Dans ce processus de construction par assimilation interviennent, selon Piaget et Garcia, différents instruments de connaissance engendrés par l'assimilation. Ces instruments sont les abstractions et les généralisations. Piaget et Garcia (1998) distinguent deux types d'abstractions à propos de la connaissance du monde physique : l'abstraction empirique et l'abstraction réfléchissante. L'abstraction empirique fait référence aux objets externes au sujet ; c'est à partir des objets que le sujet va extraire des propriétés qui seront analysées de façon isolée (traitement intraobjectal). Cependant, les auteurs remarquent, en physique et *a fortiori* en mathématiques, la nécessité de la mise en place d'une abstraction de type réfléchissante afin d'avoir accès à une approche interobjectale. Une abstraction réfléchissante impliquant les actions et les opérations du sujet puis les schèmes qui mènent à la construction conceptuelle avec deux versants : le réfléchissement, c'est-à-dire le processus qui aide le sujet à faire passer ce qu'il a extrait d'un plan inférieur à un autre supérieur (par exemple passer de l'action à la conceptualisation) ; ainsi que la réflexion en tant qu'acte mental de reconstruction du réel conduisant le sujet à réorganiser sur un nouveau plan tout ce qui a été extrait au plan précédent.

D'après Piaget et Garcia (1998), dans le domaine de la physique, il existe une alternance permanente entre l'abstraction empirique qui s'exerce sur les contenus et l'abstraction réfléchissante qui extrait des formes précédentes les éléments pour construire de nouvelles formes. Cependant, ces auteurs mettent en avant le fait que les différents types d'abstractions donnent lieu à différents types de généralisations. Si nous restons sur des contenus empiriques, les généralisations seront donc de nature extensionnelle, c'est-à-dire qu'elles vont constituer le passage de « quelques » à « tous » ; ou bien le passage d'une

loi particulière à une loi plus générale, sans aucune réorganisation de lois particulières. De son côté, l'abstraction réfléchissante va permettre la formation de généralisations complétives et constructives formant ainsi des nouvelles synthèses au sein desquelles les lois particulières vont acquérir des significations nouvelles.

Un autre point mis en avant par Piaget et Garcia est celui des processus. Les instruments de connaissance comme les abstractions et généralisations donnent lieu aux processus. Ils mettent en avant les processus de recherche des « raisons » qui vont justifier les abstractions et généralisations. Ces processus sont tout simplement la recherche ainsi que l'analyse des causes ; cela revient, donc, à pouvoir situer un événement réel entre un ensemble de « possibles » jusqu'à concevoir « un seul possible ». Ils indiquent par ailleurs que : « ni le possible, ni le nécessaire sont observables et que tous deux sont le produit d'activités inférentielles du sujet » (Piaget & Garcia, 1998, p. 250).

De plus, un autre problème est soulevé : du fait que le sujet est une manifestation d'un organisme vivant, c'est-à-dire d'une partie du réel, l'enrichissement auquel il contribue (en se situant entre « le possible et le nécessaire ») ne va pas le conduire vers un idéalisme. Selon les auteurs, le sujet va être pris dans un système bipolaire dans lequel chaque pôle vérifie la dualité des formes : d'une part, par rapport aux assimilations du sujet et, d'autre part, par rapport à l'expérience. Ainsi, du produit de cette dualité ressort un processus qui consiste en un double mouvement, entre assimilation et accommodation, vers un équilibre dynamique entre intégrations et différenciations.

Piaget et Garcia signalent qu'en physique ces deux directions expriment les relations très complexes entre un sujet qui s'approche d'un objet et un objet qui s'éloigne au fur et à mesure que la découverte des nouvelles propriétés à connaître présente des nouveaux problèmes.

Le dernier point que nous allons aborder a trait aux différents paliers du modèle en tant que mécanisme d'ensemble (schématisé par nous dans la figure 7).

Nous introduisons ci-après, les raisons invoquées par Piaget et Garcia dans la succession des paliers du traitement du réel faisant système.

L'intraobjectal conduit à la découverte d'un ensemble de propriétés dans les objets et dans les événements, sans autres explications que celles à valeur locale et particulière. Les raisons, donc, ne peuvent pas se trouver ou s'établir que dans les relations interobjectales. Cela signifie que les raisons vont se construire dans les transformations ; ceci est propre de l'interobjectal.

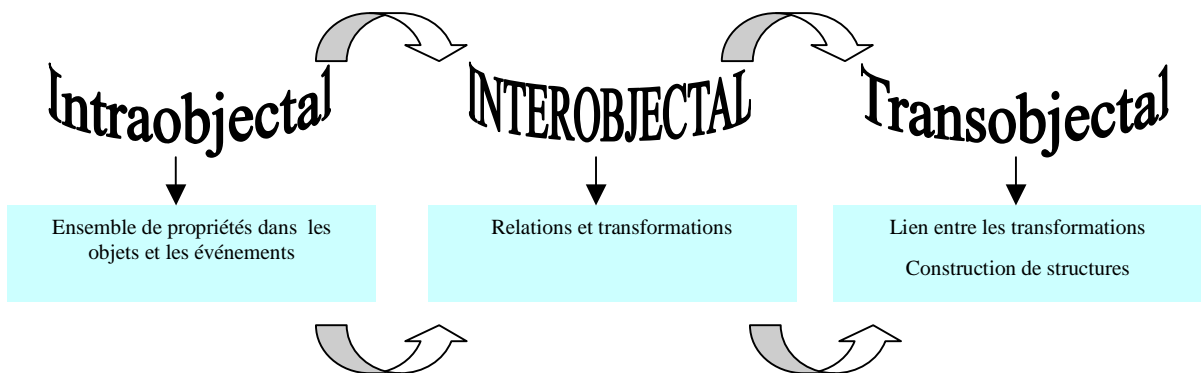


Figure 7 : Schématisation du modèle général du développement (Piaget & Garcia, 1983) en tant que mécanisme d'ensemble.

La suite sera d'établir les liens entre les transformations découvertes ; cela conduit le sujet à la construction de structures, caractéristiques du transobjectal.

3.1. L'intra et l'inter objectal, selon Piaget et Garcia devient pour nous l'intra, le quasi-inter et l'interobjectal...

Par rapport au modèle proposé par Piaget et Garcia, nous avons dû introduire un palier d'évolution que nous avons traduit par la catégorie quasi-interobjectale. Nous partons du

présupposée que si nous restons à la première catégorisation issue du modèle général (intra et interobjectif), nous n'allons pas pouvoir relever de changements à l'échelle d'une séquence d'enseignement-apprentissage. En conduisant une analyse fine des systèmes conceptuels enseignés, nous attendons qu'elle nous permette de repérer des changements cognitifs traduisant une « mise en mouvement » de la pensée.

3.2. L'évolution cognitive : le passage de l'intraobjectif à l'interobjectif

La réflexion à propos des phénomènes (formation des ombres et fabrication du beurre) implique, comme nous l'avons déjà avancé, non seulement l'observation des faits, mais suppose la construction d'un modèle au plan cognitif qui puisse aller au-delà de ce qui est observé. Nous allons présenter ci-après des exemples afin de clarifier notre propos (tous les exemples présentés sont issus des nos études).

Quand le jeune enfant réfléchit le « comment » et « pourquoi » des phénomènes, il est au départ un réaliste. Ses explications ne sont pas détachées de l'expérience simple ou empirique (approche intraobjective) : il est au plan de décrire ce qu'il voit. L'enfant ne va pas au-delà de ce qui est donné à la perception pour faire un traitement systémique des éléments et ne construit pas les relations nécessaires afin d'expliquer les phénomènes.

Comment se traduit-il le passage de l'intra à l'interobjectif, dans la formation des ombres, chez les enfants de GSM ?

Faisant référence au modèle développemental que nous venons d'exposer et compte tenu de ce que l'on sait du développement des explications enfantines à propos des ombres (Piaget, 1945 ; Devries, 1986 ; Ravanis, 2005), on peut considérer qu'à l'âge qui nous intéresse (5 et 6 ans), l'évolution importante concerne le passage de l'intra à l'interobjectif.

C'est donc, cette évolution et les conditions de celle-ci que nous avons retenues pour notre étude.

En regard du modèle de développement que nous avons privilégié, le phénomène de la formation des ombres présente pour nous un intérêt particulier puisque l'ombre peut-être donnée à la perception immédiate des enfants et ainsi être décrite de manière intraobjectale (centration sur les propriétés perceptives : la couleur, la forme, la taille, la localisation), tandis que la compréhension du phénomène nécessite de sortir du cadre purement perceptif pour construire des propriétés relationnelles qui ne sont pas données à la perception. Ce type de traitement du réel est une caractéristique d'une représentation interobjectale qui, selon Piaget et Garcia implique une abstraction réfléchissante, alors que les représentations intraobjectales sont le produit de l'abstraction empirique.

Dans l'approche intraobjectale (*cf.* figure 8), l'enfant décrit le phénomène de la formation des ombres tout simplement comme étant quelque chose de noir (propriété intrinsèque à l'ombre), ou bien considère qu'il faut un peu de lumière et aussi un peu de noir (explication qui traduit un traitement discontinu du réel). Ici, le sujet a accès aux formes, par la mise en place d'une abstraction de type empirique (appuyée sur un certain nombre de faits), c'est-à-dire une capacité à isoler des propriétés inscrites sur les objets. Le fait de pouvoir observer le phénomène aide l'enfant à avoir accès à ce type d'approche. Ce traitement serait beaucoup plus difficile dans une approche des forces par exemple, comme c'est le cas pour la flottaison des corps (séquence d'enseignement étudiée par Weil-Barais & Bouda, 2004), puisque la Force n'est pas donnée à la perception immédiate.

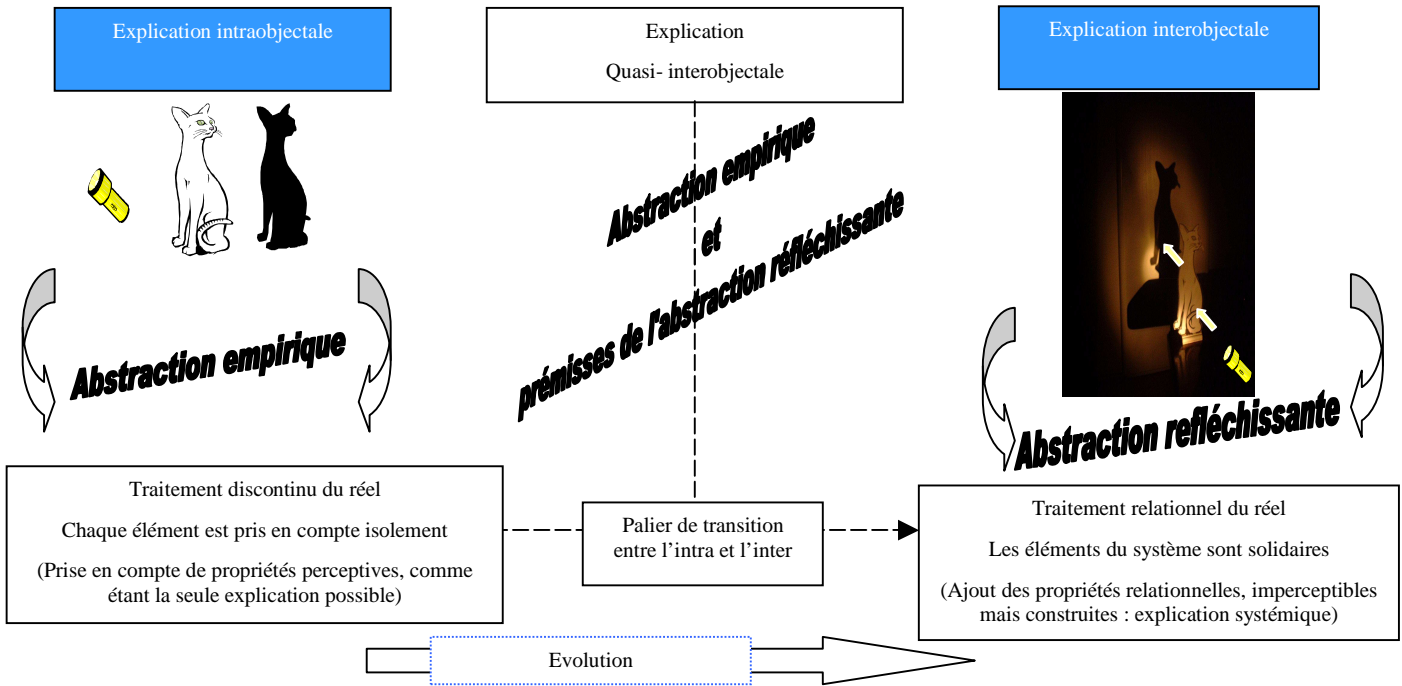


Figure 8 : Synthèse dans l'approche du traitement du réel, de l'intra au quasi-inter et à l'interobjectif à propos du phénomène de la formation des ombres

Dans un traitement du réel plus complexe, traitement de type interobjectif (relationnel) (cf. figure 8), l'abstraction empirique devient une condition nécessaire mais pas suffisante ; d'où le recours à une abstraction réfléchissante dans laquelle les formes auxquelles l'enfant a eu accès par abstraction empirique, vont finir par se réfléchir elles-mêmes pour devenir des contenus au niveau supérieur. Ici, ce sont les relations qui prévalent, préfigurant les approches systémiques caractéristiques des explications scientifiques de « haut niveau », une construction à base d'abstractions et généralisations qui vont se combiner entre elles afin de faire système, par exemple : « On a besoin du soleil, de la lumière et d'une chose qui n'est pas transparente. La lumière, elle ne peut pas traverser et après, cela fait l'ombre ».

Dans la figure 8, nous introduisons notre catégorie intermédiaire quasi-interobjectale qui sera l'entre deux. Ici, l'enfant exprime des relations mais encore de façon maladroite et incomplète ; c'est donc une catégorie de transition qui exprime le fait que l'enfant se laisse encore séduire par des configurations perceptives qui l'empêchent de donner une explication relationnelle correcte. Dans cette catégorie intermédiaire se joue pour nous une combinaison entre une abstraction empirique et des formes élémentaires d'abstraction réfléchissante. Cette dernière est encore de type instrumental ; cela signifie que le sujet va pouvoir réunir un certain nombre de faits dans un système encore en voie de construction.

En résumé, comme la première approche (intraobjectale) est de l'ordre du discontinu, aucune mise en relation ne peut être envisageable. Par contre, dans une approche plus évoluée (interobjectale), nous dirons que l'aspect scientifique du raisonnement à propos du phénomène de l'ombre peut être compris, en partie, par la construction d'une loi spatiale impliquant des relations entre la lumière, l'objet et l'écran. Ici, l'enfant ajoute un élément au réel. L'ombre est « une création » qui émerge en tant que produit de la coordination logique, interactive et spatiale : « nous, on se met face au soleil et après il y a de l'ombre par terre » (CP).

De plus, la compréhension du phénomène exige de conceptualiser l'action de la lumière (obstacle mis en avant par un grand nombre de chercheurs) et la résistance de l'objet, tout en construisant la notion de l'ombre comme étant l'absence de lumière (« l'ombre elle va sur le parterre, le soleil il fait l'ombre, le soleil il nous éclaire et ça fait de l'ombre derrière, en fait le soleil il peut aller derrière mais avec nous ça fait une ombre, je cache un peu la lumière avec moi », CP). Dans ce cas de figure, nous sommes en présence d'un traitement relationnel de type interobjectal, dans lequel soustraire, enlever, ôter devient une condition

sine qua non à la formation de l'ombre. Au plan cognitif nous considérons les deux approches en tant que manifestations de l'interobjectif, la plus évoluée étant la dernière.

Ci-après, nous présentons à titre d'exemple quelques expressions qui traduisent, d'une part, la présence d'une structure topologique séquentielle de création du phénomène (le comment dans la création) et, d'autre part, des exemples qui renvoient aux explications à propos du phénomène en termes d'interposition, d'obstacle (le pourquoi, dans la formation du phénomène). Toutes deux traduisent un traitement interobjectif.

Le comment dans la formation du phénomène :

«... la lumière elle se pose sur quelque chose et après ça fait une ombre...» (CP) ;

«... le soleil éclaire les enfants et ça fait l'ombre. On allume une lumière, on met un objet devant une lumière donc l'ombre se reproduit sur une feuille...» (CE1) ;

«...on a besoin d'être face au soleil et après tu as l'ombre...» (CE2) ;

«...je mets la main en dessous de la lampe et la lampe met la lumière sur ma main donc ma main elle a tout pris, mais en dessous ça n'a pas pris, alors il y a l'ombre...» (CM1) ;

«... la lumière vient sur nous, elle est toujours sur nous et après elle va sur le parterre et ça fait l'ombre...» (CM1) ;

«...il faut que le soleil soit en face de nous et ça fait l'ombre derrière... » (CM2) ;

«...il faut que tu sois derrière la lumière et l'ombre, elle va être devant toi. La lumière va vers nous, dans l'ombre, il n'y a pas de lumière...» (CM2).

Dans la série d'exemples que venons de présenter, nous pouvons constater que le cheminement pour expliquer la création du phénomène peut se résumer ainsi :

- positionnement topologique relationnel des éléments : derrière, vers nous, en face de, devant, en dessous de, sur, face... ;
- conséquence du positionnement : et après, alors, donc ... (l'enfant utilise des mots-outils exprimant des liens de cause-effet) ;
- création du phénomène : ça fait l'ombre, il y a l'ombre, tu as l'ombre...

Dans cette approche, les conditions nécessaires et suffisantes sont :

- avoir connaissance de la relation topologique qu'entretiennent les objets entre eux et,
- inférer une conséquence directe produite par le positionnement topologique relationnel.

Voici la série d'exemples à propos des explications concernant le modèle explicatif par interposition :

«...je me mets devant le soleil et on voit mon ombre par terre, je fais de l'ombre avec mon corps, je suis dure...» (CP) ;

« ...peut pas passer à travers ...» (CP) ;

« ...je cache un peu la lumière avec moi ...» (CP) ;

« ...la lumière va vers le chat et le chat la cache et ça fait tout noir... » (CE1) ;

«... la lumière ne peut pas traverser la poupée car elle est dure ... » (CE1) ;

« ...comme la personne elle cache le soleil, l'ombre elle devient noire... » (CE1) ;

« ... mon corps bouche la lumière... » (CE1) ;

« ...la lumière ne peut pas passer parce que l'objet n'est pas invisible...» (CE1) ;

« ... parce que l'on bloque la lumière... » (CE2) ;

« ... je cache la lumière du soleil avec mon corps et ça fait l'ombre... » (CE2) ;

« ... le soleil on le bloque et après ça fait l'ombre... » (CM1) ;

« ... la lumière est derrière nous, vu que la lumière ne peut pas transpercer notre dos car on a trop de chair, d'épaisseur, et on peut voir notre ombre... » (CM1) ;

« ... nous empêchons la lumière de venir sur le sol, parce que la lumière ne peut pas nous traverser... » (CM1) ;

« ...ne peut pas traverser notre corps et ça fait notre silhouette, parce que notre corps est épais, la lumière pourrait traverser les vitres parce qu'elles sont transparentes... » (CM1) ;

« ... nous, on gêne le soleil parce que l'on est devant son passage... » (CM2) ;

« ... je ne laisse pas passer la lumière... » (CM2) ;

« ... nous on stoppe le soleil et après ça fait l'ombre... » (CM2) ;

« ... la lumière est devant nous, elle ne passe pas parce que je ne suis pas transparente, on est voyant, on la gêne... » (CM2).

Dans cette approche, contrairement à la précédente, les conditions nécessaires et suffisantes sont les suivantes :

- avoir la connaissance de la relation topologique qu'entretiennent les objets entre eux ;
- avoir la connaissance des propriétés des objets ;
- savoir inférer une conséquence directe, produite d'une part par le positionnement topologique relationnel et, d'autre part, par la qualité de l'objet. (C'est seulement si les deux facteurs antérieurs s'analysent conjointement en matière de conséquence, que l'explication du phénomène est faite par la loi d'interposition) ;

- positionnement topologique relationnel des éléments (derrière, vers nous, en face de, devant, en dessous de, sur, face...).

Conséquence du positionnement et propriété de l'objet : « et après, alors, donc ... Parce que je suis/ il est : dure, avec trop de chair, d'épaisseur, épais, n'est pas être invisible, je ne suis pas transparente, on est voyant... »

Conséquence du positionnement et de propriétés de l'objet : « on stoppe, ne passe pas, on gêne, ne peut pas traverser, nous empêchons, ne peut pas transpercer, je cache, peut pas passer à travers... »

En résumé, le traitement cognitif du phénomène de la formation des ombres suit le chemin suivant : intraobjectal >>> quasi-interobjectal >>> interobjectal. L'intraobjectal est le premier palier de traitement marqué par une approche d'un réel lu, discriminé, sans plus. Le palier quasi-interobjectal est celui de la transition marquée par une évolution du traitement dans laquelle font surface les prémisses des futures abstractions réfléchissantes avec la mise en place de relations, encore maladroites mais impliquant désormais une évolution dans le traitement cognitif du réel. Le dernier palier d'évaluation correspond à un traitement relationnel, interobjectal (par l'explication du comment du phénomène ou par l'explication par interposition, exprimant ainsi le pourquoi). Dans ce dernier palier, l'approche relationnelle est le maître mot ainsi que la capacité de mettre en place une abstraction réfléchissante impliquant cognitivement le réfléchissement et la réflexion.

Comment se traduit-il le passage de l'intra à l'interobjectal, dans la fabrication du beurre, chez les enfants de GSM ?

Notre expérimentation nous a permis de repérer les réponses des enfants relatives à ces deux traitements du réel. Voici des exemples dans les figures ci-après (*cf.* figures 9 et 10).

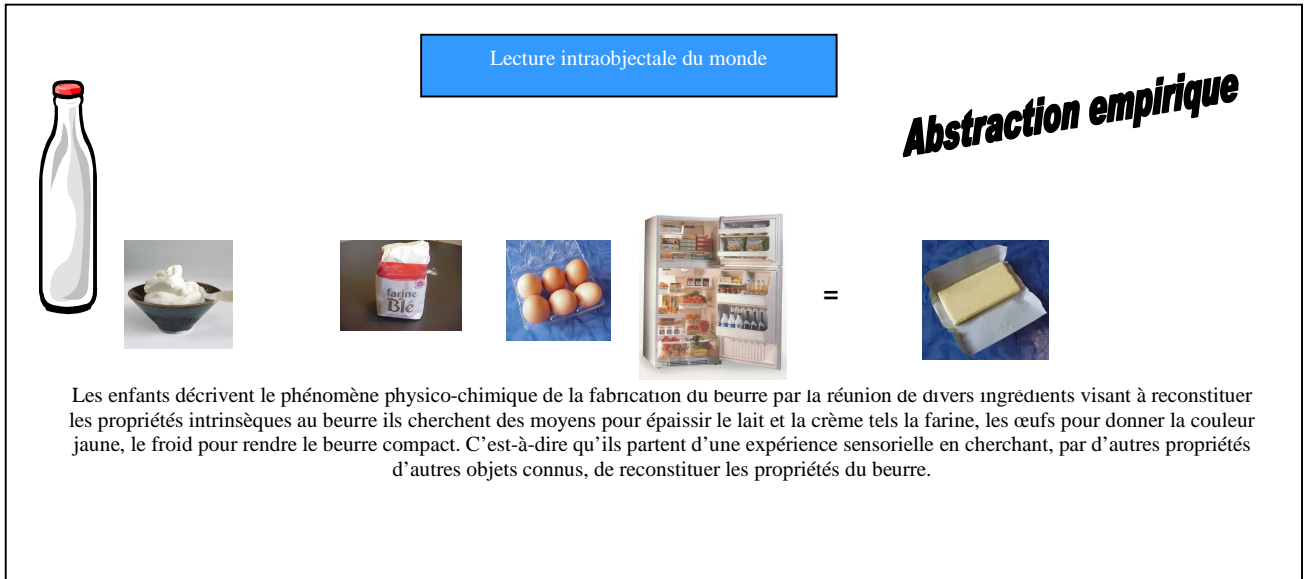


Figure 9 : Traitement intraobjectal du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre

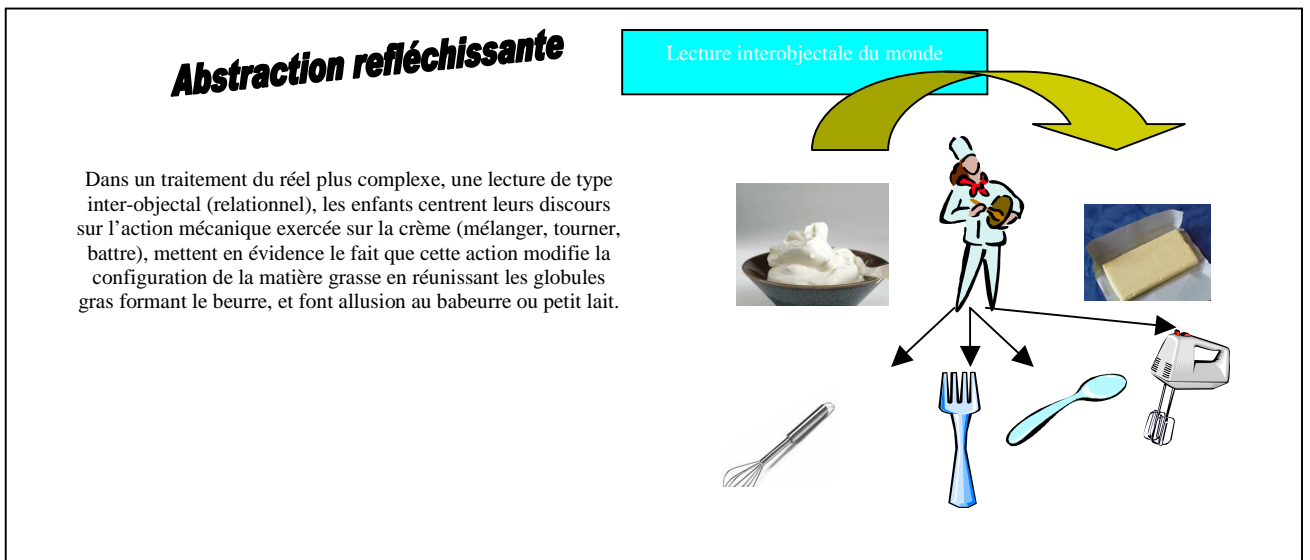


Figure 10 : Traitement interobjectal du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre

3.3. Comparaison entre le phénomène physique de la formation des ombres et le phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre

La fabrication du beurre présente des particularités intéressantes par rapport à notre modèle développemental et par rapport au phénomène de la formation des ombres. Elles sont récapitulées dans le tableau 5.

Tableau 5: *Comparaison entre le phénomène physique de la formation des ombres et la fabrication du beurre*

Phénomène physique de la formation des ombres	Phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre
Phénomène rencontré au quotidien qui peut donner lieu à une expérimentation avec du matériel facilement manipulable et sans danger pour les enfants.	Phénomène dont le produit final est rencontré au quotidien (le beurre), qui peut donner lieu à une expérimentation avec du matériel facilement manipulable : fouet, fourchette, un bol, de la crème et avec du matériel tel un batteur électrique qui nécessite de la part de l'enseignant la mise en place de consignes de sécurité.
Phénomène qui implique un raisonnement spatio-causal et qui fait appel à la construction d'une « absence-présente » plutôt que d'une « présence » (la matérialité de l'ombre n'en étant pas une, au sens de la matière)	Phénomène qui implique un raisonnement du type action sur-transformation
La formation des ombres peut-être donnée à la perception immédiate des enfants et peut donc être décrite de manière intraobjectale	La fabrication du beurre peut être perçue comme la réalisation d'une recette de cuisine par les enfants, ce type d'explication donne place à un traitement intraobjectal, le rajout d'ingrédients ayant pour objet de retrouver les propriétés intrinsèques au beurre (les œufs pour donner la couleur jaune, la farine pour épaissir, la mise au réfrigérateur pour rendre la matière compacte ...)
La compréhension du phénomène nécessite de sortir du cadre purement perceptif pour construire des propriétés relationnelles qui ne sont pas données à la perception, ce qui est une caractéristique d'une représentation interobjectale	La compréhension du phénomène nécessite de sortir du cadre perceptif pour construire un modèle dans lequel une action mécanique exercée sur la matière (crème) transforme progressivement la matière, caractéristiques d'une représentation interobjectale

4. Le concept de modèle précurseur

Afin de pouvoir fixer des objectifs pouvant être atteints par les enfants au plan cognitif ainsi qu'au plan du savoir, nous faisons appel au concept de « modèle précurseur » emprunté à Weil-Barais et Lemeignan (1993) : « il s'agit de modèles préparant l'élaboration d'autres modèles. (...) les modèles précurseurs comportent un certain nombre d'éléments caractéristiques des modèles savants vers lesquels ils tendent... Les modèles précurseurs constituent (...) des constructions didactiques conçues pour aider les enfants à accéder

aux modèles savants. Ils sont donc précurseurs au regard du développement cognitif ce ne sont pas des précurseurs historiques » (Weil-Barais & Lemeignan, 1993, p.26).

L'idée de modèle précurseur conduit à envisager la mise en place d'une modélisation accessible aux enfants et basée sur des éléments du modèle savant.

4.1. Le modèle précurseur de la formation des ombres

Nous avons fait référence à un modèle développemental « intra, quasi-inter et interobjectif ». Adopter un tel point de vue implique des aménagements et des transitions pour permettre aux enfants de franchir les différents paliers de traitement du réel. Il s'agit de faire construire aux enfants des savoirs leur permettant d'intégrer d'autres savoirs.

Même si notre enjeu principal n'est pas celui de la connaissance, nous considérons fondamental d'introduire les éléments constitutifs d'un modèle précurseur au regard du phénomène physique choisi. De même, il nous semble nécessaire de fixer le niveau de conceptualisation attendu compte tenu de l'âge des enfants. Nous avons repris le « modèle précurseur » ayant servi de cadre de référence aux activités proposées à des enfants âgés de 5 à 6 ans dans l'étude de référence (Dumas Carré et al., 2003) en y ajoutant quelques modifications.

« Le modèle précurseur » est proposé à la construction des enfants par l'enseignant. C'est lui qui permet de construire une « zone proximale du développement ». Voici les éléments retenus dans le cadre de notre étude :

- l'ombre est l'absence de lumière due à l'interposition d'un corps intercepteur, et ce corps se trouve entre la source lumineuse et l'ombre ;
- l'ombre est une silhouette sans couleur ni détail ;
- pour faire l'ombre nous avons besoin de la source lumineuse, d'un objet et d'un

plan de projection (ombre portée) ;

- la source lumineuse peut être une lampe, le soleil, une bougie... ;
- l'objet peut être : un inerte, un être vivant (humain, animal ou végétal) ;
- le plan de projection peut être : un écran, le sol, un mur... ;
- la vision des objets est associée à la présence de lumière : pour être vu un objet doit être éclairé ;
- un objet opaque est un objet qui ne laisse pas passer la lumière, contrairement à un objet transparent qui, lui, la laisse passer.

Ce modèle que nous avons identifié sous le nom : « interposition-source-objet », vise le passage du traitement du phénomène physique allant de la simple énumération des propriétés intrinsèques à l'ombre, à la constitution d'un système relationnel : l'ombre étant l'absence de lumière due à l'interposition d'un corps intercepteur et ce corps se trouve entre la source lumineuse et l'ombre.

4.2. Le modèle précurseur de la fabrication du beurre

Après avoir pris connaissance de caractéristiques du modèle savant, nous donnons ci-après les éléments du modèle précurseur (*cf.* figure 11) que nous avons conçu et proposé à l'enseignante :

- Le beurre est une matière grasse ;
- le beurre est de couleur jaune, il est dur quand il sort du réfrigérateur, il fond (il se transforme en liquide) dans la poêle avec la chaleur ;
- pour faire du beurre nous avons besoin de crème avec beaucoup de matière grasse, d'un batteur ou d'une fourchette ;

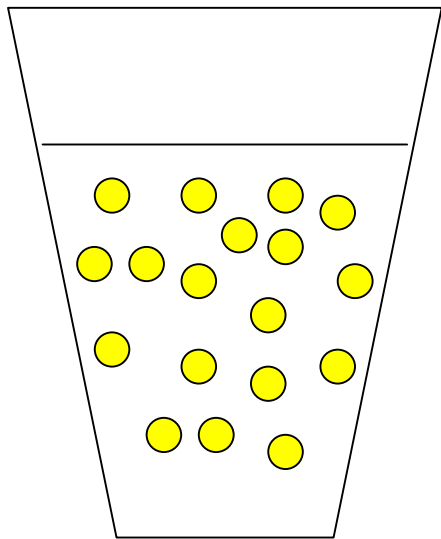
- mélanger, battre la crème fait éclater les globules gras, ils se mettent ensemble pour former le beurre et après reste un liquide blanc : petit lait (c'est du lait écrémé).

Ce modèle suppose une représentation de la matière en termes de particules (représentation discontinue de la matière) en imaginant des éléments invisibles. Le modèle précurseur que nous avons désigné par l'expression : « action mécanique sur la crème », vise le passage du traitement du phénomène physico-chimique allant de la simple énumération des propriétés intrinsèques au beurre (couleur, forme consistance, etc.) à la constitution d'un système relationnel : le beurre est le résultat d'une action mécanique sur la crème, battre la crème fait éclater les globules gras, ils se soudent entre eux, formant des grains de beurre, et libérant un liquide blanc (babeurre ou petit lait), il s'agit du lait totalement écrémé. Le modèle est représenté dans la figure 11.

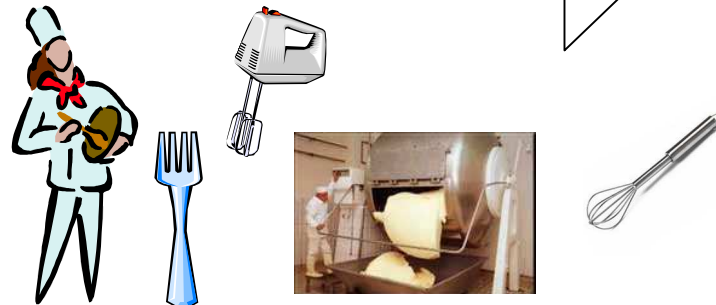
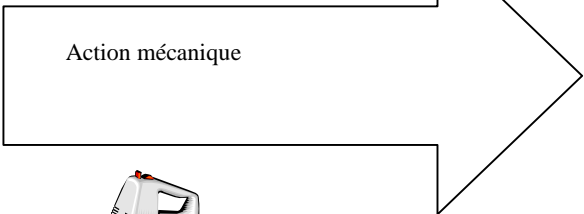
Crème



Emulsion d'huile dans l'eau



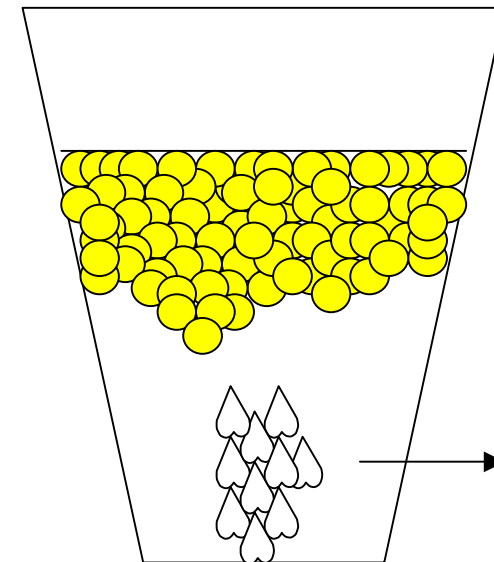
Inversion de phase d'émulsion



Beurre



Emulsion d'eau dans l'huile



Babeurre ou
petit lait (lait

Figure 11 : Éléments du modèle précurseur à propos du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre

Malgré certaines études mettant en avant les difficultés des enfants à expliquer les phénomènes en concordance avec les modèles savants en sciences physiques (Fawaz & Viennot, 1986 ; Feher & Rice, 1988 ; Galili, 1996 ; Galili, Bendall & Goldberg, 1993 ; Goldberg & Dermott, 1987 ; Rice & Feher, 1987), nous allons tenter, par le biais des éléments des modèles précurseurs que nous avons retenus, de conduire les enfants vers une évolution de leurs conceptualisations s'approchant au plus près des explications scientifiques.

5. Conclusion

De l'étude du phénomène de la formation des ombres effectuée dans ce chapitre, nous pouvons conclure à la pertinence de notre choix au vu des caractéristiques intrinsèques et constructives du phénomène et compte tenu des éléments apportés à propos de la faisabilité au plan expérimental, en référence aux études interrogées. Par ailleurs, le phénomène s'adapte bien à notre modèle général de développement puisqu'il permet une traduction évolutive au plan cognitif, présentant en plus un atout de taille lorsqu'on travaille avec de très jeunes enfants : celui d'offrir un référent empirique directement perceptible. Le modèle précurseur choisi nous permet d'encadrer l'évolution, étant ainsi une référence pour la construction de l'intervention didactique de l'étude concernant la séquence d'enseignement-apprentissage conçue et évaluée dans le cadre de la thèse (développée dans les chapitres 7 et 8). L'adéquation dans l'agencement des activités proposées aux enfants dépend étroitement de la prise en compte par l'enseignant et le chercheur des différents éléments mis en avant dans le modèle : interposition source-objet. Le modèle précurseur permet de cibler des contenus accessibles à la construction des enfants, toujours dans un contexte développemental et en relation au savoir savant.

En ce qui concerne le phénomène de la fabrication du beurre, s'agissant d'une première investigation en GSM, nous avons du adapter une démarche plus tâtonante dans le but d'ajuster les activités aux propositions et démarches proposées par les enfants. Il s'agit avant tout d'une recherche prospective visant à apprécier la faisabilité d'une construction interobjectale, concernant un référent empirique qui est lui-même à construire. Nous tenterons, dans le chapitre 9, de montrer la faisabilité d'un tel projet en mettant à l'épreuve : le modèle précurseur, la traduction au plan développemental de l'évolution conceptuelle, les activités et les expériences auxquelles les enfants ont été confrontés à l'occasion de la séquence d'enseignement-apprentissage (co-construite avec l'enseignant ayant participé à la recherche, à partir des mêmes principes d'intervention que ceux ayant présidé à la conception de la séquence concernant l'ombre).

. Conclusion de la première partie

En repartant des éléments de la définition de développement de Bronckart (*cf.* chapitre 1) le développement peut s'expliquer par un changement d'état, ce changement se traduisant par le passage d'un état initial ou primitif à un état final, plus complexe, plus stable, voire définitif. Ce postulat nous porte à penser à la notion de processus. Selon Piaget et Garcia (1983), dans le processus de conceptualisation, l'enfant passe d'une approche intra objectale (état initial ou primitif) à une approche interobjectale puis transobjectale, cette dernière étant le niveau le plus complexe. Piaget explique ce changement par le passage de l'abstraction empirique à l'abstraction réfléchissante. Jusque là, le processus et son évolution sont mis en correspondance avec les changements intrasubjectifs nécessaires et suffisants selon Piaget pour atteindre l'évolution. Cependant, quels sont les facteurs déterminants pour que cette évolution se réalise ? Piaget met en avant l'activité du sujet sur le milieu comme étant le point central, c'est parce que l'enfant agit (empiriquement et mentalement) qu'il se développe, c'est parce qu'il est capable de dépasser le réel, c'est-à-dire aller au-delà de la perception qu'il peut évoluer. Nous trouvons cette explication nécessaire mais pas suffisante. Que se passe-t-il si malgré cette action sur le réel, l'enfant n'avance pas ? N'est-il pas possible d'orienter la pensée de l'enfant en suscitant par le biais de la médiation une prise de conscience, une évolution des conceptions naïves ? C'est sur ce point que l'approche vygotkienne a pour nous toute sa place. L'idée de l'intervention des facteurs externes dans le processus d'évolution conceptuelle est centrale. L'apport de Vygotski notamment par le concept de médiation éducative nous aide à penser que l'intervention de l'adulte dans l'accès au savoir par les enfants peut s'avérer un moyen d'accès à l'autonomie, tout ceci par la valorisation de processus de transaction, de négociation.

Pour aider les enfants à évoluer dans la conceptualisation, suffit-il de les faire interagir dans le cadre d'un ensemble de situations ?, est-il nécessaire que le modèle d'activités tienne compte

des différentes facettes du concept ? Sur ce point l'apport de Vergnaud avec la théorie des champs conceptuels et sa définition du concept nous conduit à penser qu'un concept ne concerne jamais un seul type de situations, mais plusieurs, et, réciproquement, qu'une situation présente toujours diverses facettes conceptuelles inter-reliées, uainsi qu'une dialectique permanente entre les différents plans : pragmatique, cognitif et sémiotique. Ceci a une importance capitale : les relations, les articulations, les mises en correspondance entre ces trois registres de fonctionnement montrent, en ce qui concerne l'enseignement de concepts scientifiques, que le processus de conceptualisation est long et difficile.

De l'apport de Vergnaud découle pour nous une nouvelle réflexion, celle qui correspond à la temporalité du processus de conceptualisation. Il est vrai que le temps du développement n'est pas celui de l'apprentissage, mais il est tout aussi vrai que les temps successifs des apprentissages tout au long de la vie vont aboutir à une évolution qui touchera les mécanismes du développement. L'apport du concept de « modèle précurseur » de Lemeignan et Weil-Barais (1993) (développé dans le chapitre 3) nous aidera à maîtriser les temporalités restreintes auxquelles les apprentissages sont contraints. Aborder le processus de conceptualisation avec l'aide d'un modèle précurseur implique que le changement ne peut pas s'opérer du tout au rien, ce qui est en opposition avec certains travaux anglo-saxons cités dans le chapitre 2 où il est question parfois de changement radical, d'échange conceptuel. Travailler sur un modèle précurseur implique réduire la complexité de l'explication puisque le modèle précurseur ne permet pas de répondre à toutes les questions pour lesquelles le modèle savant a été conçu. Le modèle précurseur permet de travailler sur des éléments du modèle savant accessibles au système de pensée de l'enfant. Il nous permet de nous centrer sur un âge donné et de travailler sur une temporalité restreinte en aménageant l'évolution dans un laps de temps court : celui de l'apprentissage. L'apport de Lemeignan et Weil-Barais est donc complémentaire au modèle du développement général de Piaget et Garcia (1983). En effet, ces auteurs supposent que pour

passer d'un traitement à l'autre il est nécessaire de mettre à l'œuvre des aménagements et des transitions pour permettre aux enfants de franchir le pas entre les différents paliers : intra et interobjectal. C'est sur la base de cette hypothèse que nous avons conçu des séquences d'enseignement-apprentissage adaptées aux enfants de Grande Section de Maternelle.

**. DEUXIÈME PARTIE :
INTERVENTIONS ET ÉVALUATIONS**

CHAPITRE 4. DES INTERVENTIONS A VISEE DEVELOPPEMENTALE ET DES EVALUATIONS

Résumé du chapitre

Ce chapitre a trait à la justification du choix méthodologique. Seront exposés les principes généraux qui ont guidé l'élaboration des interventions à visée développementale ainsi que la conception des référentiels développementaux.

1. Introduction

La question centrale de notre étude est celle d'étudier la relation entre apprentissage et développement par la mise en place d'une intervention à visée développementale et de son évaluation.

Ce chapitre fait état des conditions nécessaires pour que l'apprentissage soit susceptible de produire du développement, un apprentissage en tant que moteur du développement par le biais du développement conceptuel. Cela nous conduit à envisager une méthodologie à paradigme interventionniste ainsi qu'une évaluation de l'impact de cette intervention.

Les méthodes transversale et longitudinale seront utilisées afin de pouvoir, d'une part, évaluer les effets de l'intervention, en comparant une évolution induite (productions des enfants avant et après la séquence d'enseignement-apprentissage : approche longitudinale) à une évolution normale (développement typique) ; et, d'autre part, étudier le processus de développement de la conceptualisation. Le dispositif d'évaluation sera composé des référentiels développementaux : approche transversale de la PSM jusqu'au CM2 (dans le système scolaire français nous trouvons trois niveaux distincts en École Maternelle : Petite Section de Maternelle (PSM) enfants de trois ans ; Moyenne Section de Maternelle (MSM) enfants de quatre ans ; Grande Section de Maternelle (GSM) enfants de cinq ans. Dans l'école primaire ils sont au nombre de cinq : Cours

Préparatoire (CP) enfants de six ans, Cours Élémentaire 1 (CE1) enfants de sept ans, Cours Élémentaire 2 (CE2) enfants de huit ans, Cours Moyen 1 (CM1) enfants de neuf ans, Cours Moyen 2 (CM2) enfants de dix ans).

2. Aperçu chronologique des investigations empiriques

Avant de détailler les différents volets de la recherche empirique, nous donnons un aperçu chronologique du travail réalisé. L'exposé des données recueillies pour la construction de la thèse ne suivra pas l'ordre chronologique.

Dans un premier temps et, afin de tenter d'étayer au plan empirique la thèse vygotkienne à propos du rôle de l'apprentissage dans l'évolution cognitive des enfants, nous avons conçu une séquence d'enseignement-apprentissage destinée à des enfants de Grande Section de Maternelle sur le phénomène de la formation des ombres. Nous avons fait l'hypothèse, que la conception d'un environnement didactique « favorable » pourrait aider les enfants à évoluer dans leur mode de traitement du réel. Il s'est avéré que, en comparant les réponses des enfants aux pré-tests et post-tests, ceux-ci progressaient. Les évolutions constatées vont dans le sens d'un traitement plus complexe du phénomène et ceci indépendamment du niveau de départ des enfants. Nous avons construit, dans un deuxième temps, un référentiel développemental concernant l'école maternelle à propos du même phénomène physique et en utilisant les deux mêmes modalités de réponse (verbal et graphique) que celles utilisées lors des pré-tests et post-tests afin de pouvoir apprécier cette évolution.

Une fois ces deux études effectuées, il est apparu un nouveau constat. En effet, les sujets ayant bénéficié de notre séquence d'enseignement-apprentissage atteignent parfois des niveaux d'évolution à propos du traitement du réel en post-test que nous ne retrouvons pas forcément chez les enfants de l'école maternelle. C'est une des raisons pour laquelle nous avons conçu un

deuxième référentiel mais cette fois-ci avec des enfants de l'école primaire. Lors de la réalisation de notre deuxième référentiel, notre réflexion concernant la façon de « recueillir » les conceptions ou représentations naïves à propos du phénomène physique de la formation des ombres a continué d'évoluer à la lumière d'un article de Schoultz, Saljo et Wyndhamn (2001), ainsi qu'avec l'apport de Gérard Vergnaud à propos des différents registres de la connaissance (*cf.* figure 12). C'est ainsi que notre cheminement réflexif a repris à propos des conceptions, gardant toujours à l'esprit qu'elles ne sont pas directement observables. En effet, le concept de « conception » renvoie à des entités mentales de type « structure » ou « modèle » qui permettent d'appréhender les aspects de la réalité accessibles par les sens. On ne peut inférer les conceptions qu'à partir des réponses des sujets, à condition que celles-ci soient suffisamment stables. C'est la spécification des raisons justifiant ces inférences qui fondent les catégories de représentation avancées par les chercheurs, ce qui n'est pas toujours fait, comme le remarquent avec justesse Schoultz, Saljo et Wyndhamn (2001). Ces auteurs avancent une autre critique qui a trait au contexte des entretiens réalisés. Comparant les réponses obtenues par Vosniadou et Brewer (1992, 1994) à propos de questions relatives à la Terre posées à des enfants dans un contexte uniquement verbal, aux réponses qu'ils ont eux-mêmes obtenues dans une situation où les enfants disposaient d'un globe terrestre, ces auteurs constatent que les enfants, qu'ils ont eux-mêmes interrogés expriment des explications beaucoup plus sophistiquées et en accord avec les conceptions savantes. Schoultz et al. recommandent ainsi de ne pas négliger les artefacts culturels servant à représenter le monde et à considérer que les réponses des enfants prennent sens par rapport au contexte communicationnel. En effet, au plan culturel, il existe une diversité de conceptions pour tout objet ou phénomène. L'adulte qui interroge l'enfant doit donc parvenir à lui faire comprendre qu'il est à la quête des représentations rationnelles du monde et non pas d'autres représentations (religieuses, mythiques, poétiques, etc.), indépendamment du fait que la formulation des questions et des relances ne doivent pas induire de réponse particulière, à moins

de le faire de manière délibérée et contrôlée. Aux suggestions de Schoultz et al., nous ajouterons le fait que les réponses des enfants peuvent mobiliser différents registres d'expression. Concernant les explications du monde qui font appel à des propriétés et à des relations souvent cachées, au sens où elles font appel à des entités ou à des dimensions qui sont des « construits » cognitifs (par exemple, les atomes, la pression, la propagation rectiligne de la lumière...), il ne va pas de soi que le langage naturel soit le meilleur moyen d'expression. C'est pourquoi pour la réalisation du référentiel développemental de l'école primaire, nous avons demandé aux enfants, d'une part, de dessiner et, d'autre part, de concevoir un montage pour représenter le phénomène, en plus de les interroger verbalement. Cette procédure nous a été inspirée par la conception de la connaissance, promue par Vergnaud (2007), selon laquelle elle a une triple dimension : prédicative, analogique et pragmatique.

En faisant appel à ces trois aspects, nous espérons pouvoir cerner les conceptions des enfants, en tentant d'articuler les réponses qu'ils fournissent dans ces trois registres d'expression.

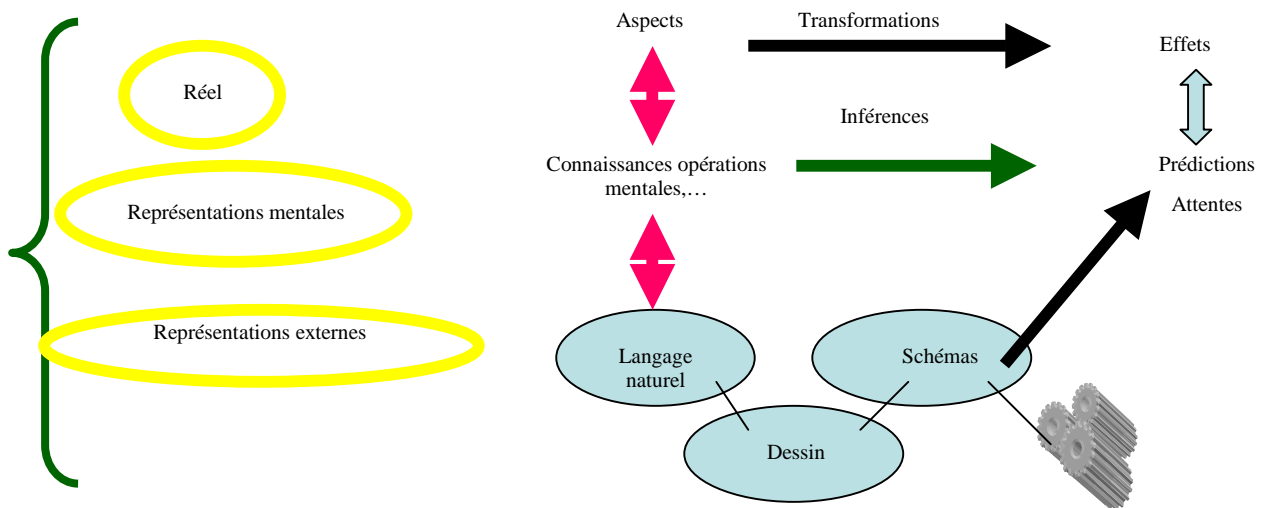


Figure 12 : Les registres de la connaissance (d'après Vergnaud, 1987).

Enfin de manière, à pouvoir tester si les progrès acquis dans un domaine se généralisent à un autre domaine, nous avons conduit une expérimentation similaire à propos d'un autre contenu

scientifique (la fabrication du beurre). Notre objectif se limite à rendre compte d'une première expérimentation, afin de tester la faisabilité d'une séquence d'enseignement-apprentissage totalement nouvelle, auprès d'enfants en Grande Section de Maternelle.

3. Présentation des investigations empiriques

Les différentes investigations empiriques sont récapitulées dans le tableau 6.

Tableau 6 : *Tableau chronologique des recherches empiriques*

Études empiriques	Nbre d'enfants impliqués	Période de réalisation
Expérimentation d'une séquence d'enseignement-apprentissage relative à la formation des ombres (intervention à visée développementale) Evaluation par la méthode de pré-test et post-test	N= 15	Mars 2005 (pré-test) Avril 2005 (SEA)* Juin 2005 (post-test)
Référentiel développemental école maternelle à propos du phénomène physique de la formation des ombres et groupe contrôle	N= 90 PSM : n1= 30 MSM : n2= 30 GSM : n3= 30	Mars 2006
Référentiel école primaire à propos du phénomène physique de la formation des ombres	N = 195 CP: n1= 34 CE1 : n2= 33 CE2 : n3= 36 CM1 : n4= 48 CM2 : n5= 44	Mars 2007
Expérimentation d'une séquence d'enseignement-apprentissage relative à la fabrication du beurre (étude exploratoire, intervention à visée développementale) Evaluation par la méthode pré-test et post-test	N= 22	Mars 2008 (pré-test) Avril 2008 (SEA)* Juin 2008 (post-test)
*SEA: Séquence d'enseignement-apprentissage		

4. Les entretiens

La procédure d'entretien individuel est commune à toutes nos études : entretiens pré et post-tests dans les études impliquant la mise en place de séquences d'enseignement-apprentissage, entretiens dans le recueil de données afin de construire les référentiels développementaux à propos du phénomène physique de la formation des ombres. Nous proposons ici une

présentation générale, les parties plus spécifiques seront développées dans les points concernant la méthodologie des interventions puis dans celui à propos de la méthodologie des évaluations.

4.1. Utilisation de la « méthode clinique-critique » comme méthode d'entretien

Concernant les entretiens, nous avons eu recours à la méthode clinique-critique (Piaget, 1920) en tant que méthode d'exploration. Cette méthode a comme caractéristique essentielle de dialoguer librement avec l'enfant pour tenter de connaître son niveau optimal de traitement cognitif. Le chercheur utilise un vocabulaire qui reprend les mots de l'enfant en proposant des questions qui peuvent déclencher chez lui de nouvelles réflexions. Il s'agit de conduire l'enfant à émettre des nouvelles propositions à propos de l'explication du phénomène, sans jamais donner d'éléments de réponse dans les questions.

Comme l'ont bien mis en évidence Inhelder et al. (1974), l'emploi de cette méthode nécessite un travail en amont ainsi qu'un travail qui se réalise pendant l'entretien. Nous avons été confrontées au préalable à une pratique empirique et réflexive intense. Premièrement, dans la mesure où la méthode est destinée à déblayer un domaine nouveau, les procédures de conduites d'entretien se laissent guider par les réponses originales, imprévues et très souvent inattendues de la pensée des enfants. C'est seulement au moment où nous avons considéré, après une période de tests importante, que nous étions en possession d'un ensemble de réponses originales, face au problème de la formation des ombres, que nous avons utilisé cette méthode de manière systématique. Un deuxième élément est celui qui se produit pendant l'entretien. Le chercheur fait sans cesse des hypothèses sur les différentes significations au plan cognitif des productions verbales et non verbales de l'enfant afin de pouvoir les éprouver sur le vif. D'où l'importance de la maîtrise des observations des enfants, du domaine de connaissance exploré, de techniques employées tels le conflit cognitif et la contre-suggestion. Pour mémoire, nous donnerons la

définition de chacune de ces techniques, définitions empruntées à Chalon Blanc (1997). Le conflit cognitif consiste à mettre l'enfant devant ses contradictions afin d'obtenir une éventuelle révision de son jugement. Cette technique s'avère très fructueuse, notamment en cas d'échec. L'utilisation d'un conflit cognitif n'exclut pas l'utilisation d'une contre-suggestion au sein d'un même entretien. Le conflit cognitif a deux sens possibles dans les entretiens piagétiens : soit il met en évidence un désordre intellectuel chez l'enfant avant une progression, soit il correspond à une technique utilisée par le chercheur qui tente de susciter ce désordre, facteur de progrès.

La contre-suggestion permet de s'assurer de la solidité d'une réussite, autrement dit, cette technique permet de savoir si cette réussite est sous-tendue par un construit cognitif stable. En d'autres termes, nous considérons que la contre-suggestion nous permet d'estimer la qualité d'une propriété relationnelle nouvellement construite (notamment pendant les entretiens de post-test par exemple). Proposer une contre-suggestion à un enfant c'est lui soumettre une réponse erronée empruntée à un enfant du même âge.

4.2. Utilisation de différents registres d'expression

Dans nos entretiens nous avons eu recours à différents registres d'expression. Pendant les entretiens pré et post-test lors des études impliquant la mise en place d'une séquence d'enseignement-apprentissage, puis dans le référentiel concernant l'école maternelle, nous avons utilisé deux registres d'expression : verbal et graphique. Le référentiel de l'école primaire a mobilisé trois registres d'expression : verbal, graphique et pragmatique puisqu'il a bénéficié d'un éclairage théorique supplémentaire (*cf.* paragraphe 2 du chapitre).

Registre verbal

Nous avons fait le choix d'utiliser le registre verbal (V) puisque c'est par le biais de l'entretien que nous allons introduire une série de questions successives à propos du phénomène.

Le caractère progressivement inductif du questionnement que nous avons mis en place vise à cerner si l'enfant est capable de progresser sur la conception du phénomène dans un cadre dialogique. Plutôt que de considérer que les questions sont neutres, nous préférons formuler des questions précises, pertinentes par rapport au modèle précurseur, de façon à pouvoir apprécier si l'enfant est capable de les appréhender et d'y faire face.

Registre graphique

En ce qui concerne le dessin, nous avons fait le choix d'utiliser l'expression de « système externe de représentation », puisque comme l'indique bien Marti (2003) dans son analyse terminologique, le mot représentation fait référence au concept psychologique de représentation mentale. Nous ne sommes pas seulement centrées sur le produit, mais aussi sur le processus de symbolisation. Notre but est de savoir comment les enfants peuvent représenter le phénomène physique de la formation de l'ombre et, par quelles étapes ils doivent passer pour aboutir à un traitement au plan graphique de type relationnel (interobjectif). La terminologie « systèmes symboliques externes » (Gardner, 1998 ; Deloache, 1995 ; Lee & Karmiloff-Smith, 1996b), ainsi que celle de « systèmes de notation » (Cohen, 1995 ; Tolchinsky & Karmiloff-Smith, 1993) peuvent donner une idée de centration sur le produit final (Marti, 2003), c'est-à-dire, le dessin en tant que tel, en perdant l'idée d'un processus qui évolue, un mode d'écriture complexe qui a un pouvoir de signification, qui donne sens.

La modalité graphique (dessin) en tant que « système externe de représentation" (Marti, 2003) est introduite car elle correspond à une production habituelle chez le jeune enfant et qu'elle constitue un mode de communication. Le graphisme est composé des « traces » inscrites dans un plan. La construction d'un dessin implique une spécialisation des éléments représentés par les traces graphiques. Nous considérons que le dessin, en tant que système externe figuratif de représentation, peut nous aider à mieux définir la représentation de chaque enfant à propos du

phénomène, et également, nous aider en tant qu'outil d'analyse en complément du langage (certains enfants pouvant avoir des problèmes de communication verbale).

Registre pragmatique

Afin de prendre en compte la dimension pragmatique de la connaissance (Vergnaud, 2007), nous avons introduit la réalisation d'un montage en mettant à la disposition des enfants le matériel nécessaire pour réaliser le phénomène.

5. Méthodologie des interventions (séquences d'enseignement-apprentissage)

Ce point concerne toutes les caractéristiques méthodologiques générales des deux études afférentes à la mise en place d'une intervention à visée développementale à savoir : la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la formation des ombres ainsi que celle correspondant à la fabrication du beurre.

Nous avons choisi de travailler avec une méthodologie d'intervention directe qui consiste à intervenir sur le sujet de façon à déclencher chez lui des évolutions. Si l'enfant évolue dans le sens attendu, alors nous considérons que cela valide les hypothèses émises sur les conditions interpsychiques et intrapsychiques supposées permettre cette évolution. Notre test d'hypothèse repose ainsi sur l'analyse des effets produits par l'intervention. Ce type de méthodologie est souvent utilisé en didactique lorsque l'objectif poursuivi est de déterminer les conditions favorables. Dans notre cas, l'enjeu est de tester la validité des hypothèses émises concernant les processus à l'œuvre dans les changements cognitifs. Nous les avons déjà avancées dans le chapitre 2, pour mémoire nous allons les énumérer ci-après. Il s'agit donc :

a) des processus internes au sujet,

b) des processus externes au sujet (milieu, situations-problèmes, le phénomène physique auquel l'enfant va être confronté...) et,

c) des processus interactionnels dans la relation sujet-milieu-environnement médiatisé par l'enseignant.

En mobilisant l'ensemble de ces processus nous nous attendons à une évolution, dans le sens d'une mobilisation des conceptualisations avancées par les enfants, de l'intra à l'interobjectif.

5.1. Bases théoriques qui sous-tendent les interventions à visée développementale

Voici les bases théoriques qui constituent les fondations de nos procédures d'enseignement-apprentissages définies par l'interactionnisme social, en particulier par la conception historico-culturelle du psychisme développée par Vygotski :

1) L'enseignement se produit dans la « Zone Proximale de Développement », il précède le développement, il sollicite l'enfant au-delà de ses possibilités actuelles, dans la limite raisonnable de ses capacités ; les processus d'apprentissage (construction de connaissances) et de développement (fonctions psychiques supérieures) sont liés par des rapports dynamiques d'interdépendance ; le développement procède d'un mouvement qui va de l'interpsychique⁴ (interactions avec l'autre : adulte ou enfant, transmission sociale, fonctions de médiation, tutelle, médiation sémiotique) à l'intrapsychique par l'intériorisation de procédés appris à travers les interactions sociales.

⁴ Dans la théorie de Vygotski, les cognitions se construisent tout d'abord lors des échanges avec autrui (c'est la voie interpsychique) ; leur intériorisation progressive permet au sujet un fonctionnement autonome (c'est la voie intra-psychique). C'est la raison pour laquelle, la pensée a, pour Vygotski, une origine non seulement biologique mais surtout sociale.

2) La médiation éducative : l'idée de médiation est associée à l'idée qu'entre le sujet qui apprend et le savoir, il y a un système médiateur permettant au sujet de s'en saisir de telle sorte qu'il puisse en être transformé. Toute la question est de déterminer la nature de ce système. Certains auteurs retiennent essentiellement la composante affective et relationnelle. Par exemple, Beillerot (1989), à travers l'idée de « rapport au savoir », met en avant l'importance du désir, lequel se construirait en grande partie dans la relation que l'élève entretient avec les détenteurs du savoir (en particulier, l'enseignant). Nous ne retiendrons que la composante cognitive du système médiateur, non pas qu'elle nous semble plus importante que les autres, mais pour rester dans notre domaine de compétence. C'est ainsi que l'enfant élaborerait ses connaissances à l'occasion des échanges avec de plus experts que lui (en général les adultes ayant mission de l'instruire), à condition que ceux-ci interviennent dans la « Zone Proximale de développement »⁵ : ce qui fonctionne d'abord dans l'interrelation est progressivement intériorisé. Au départ, l'adulte oriente l'activité de l'enfant, la soutient et la contrôle ; ces différentes fonctions deviennent progressivement autorégulées. La référence à Vygotski constitue ainsi une réhabilitation de la fonction pédagogique : conception des progressions, des situations-problèmes, choix des outils, tutorat, etc. L'importance de la fonction d'étayage de l'éducateur a été reprise et développée par Bruner ce qui a donné lieu à tout un courant de travaux relatifs aux interactions mère-enfant, essentiellement aux premiers âges de la vie, puisque c'est à cette période que se construisent les compétences cognitives à la base des apprentissages plus complexes : discrimination, catégorisation, attention partagée, théorie de l'esprit, apprentissage du

⁵ Dans la « Zone Proximale de Développement », l'enfant est capable de réaliser les tâches avec l'aide de l'adulte alors qu'il n'est pas encore capable de le faire tout seul. Pour Vygotski, c'est dans cet espace que l'enfant apprend et se développe. Il ne s'agit pas de quelque chose de « naturel », mais d'un milieu que les éducateurs construisent, en fonction de leur connaissance des capacités actuelles et potentielles de l'enfant et des capacités qu'ils ont l'intention de leur faire acquérir.

langage, etc. Bruner a clarifié les fonctions de l'étayage (enrôlement, réduction des degrés de liberté⁶, maintien de l'orientation, contrôle de l'activité, signalisation des caractéristiques déterminantes, contrôle de la frustration, modelage⁷). Les différentes fonctions de l'étayage sont assurées par des actes de tutelle. La conception vygotkienne conduit à distinguer clairement la médiation et la tutelle. La médiation renvoie à des contextes sociaux de nature communicationnelle (on dit aussi « interactionnelle ») qui intègrent des artefacts alors que la tutelle renvoie à des interventions adressées au sujet en vue d'agir sur lui. Si l'on considère, comme c'est notre cas, que les interventions de tutelle font partie de la médiation, on pensera la tutelle comme un système inclus dans un système de médiation. C'est une manière d'éviter de réduire la tutelle à des stimuli ou à des feedbacks, ce qui est une dérive behavioriste possible.

3) Le langage et la pensée : Vygotski accorde au langage une fonction particulière. Selon sa conception, le langage n'a pas seulement une fonction référentielle (expression de « l'état du monde »). C'est le système sémiotique majeur dont l'appropriation contribue à transformer le sujet. En effet, la mise en langage des idées nécessite des opérations cognitives diverses dont les plus importantes sont la sélection, l'identification, la catégorisation, la mise en relation et la conceptualisation. Le passage par l'écrit permet, dans l'après-coup, de reprendre les idées exprimées. Le langage écrit, tout comme les autres systèmes sémiotiques, permettent ainsi l'accroissement des compétences cognitives ce qui est écrit peut être rappelé, sans contraintes spatio-temporelles, à condition que les écrits puissent être conservés, accessibles et interprétables. Ainsi les capacités de mémorisation se voient

⁶ Ceci revient à réduire la complexité des tâches.

⁷ Le modelage procède de l'imitation d'un modèle fourni par le médiateur qui montre comment faire.

augmenter de manière considérable, de même que les capacités de calcul, puisque ce qui est écrit peut faire l'objet de transformations, compte tenu des règles de composition inhérentes à tout système sémiotique. De manière générale, ce qui est écrit peut faire l'objet de traitements ultérieurs⁸. De nombreux auteurs ont ainsi mis l'accent sur le fait que la mise en écriture était la condition nécessaire au développement d'une pensée réflexive, puis de la pensée scientifique (Olson, 1998 ; Goody, 1977 ; Detienne, 1992 ; Marti, 2005 ; Brossard, 2004).

4) Une conception de la pensée que Vygotski définit comme étant « la forme supérieure, ainsi que la plus complexe de l'activité intellectuelle, qui consiste dans une réélaboration rationnelle de données de l'expérience dans les processus de mise en relation, dans ceux de découverte des relations de dépendance, se caractérisant par une composition, structure et mode de fonctionnement propres » (Vygotski, 1998).

5.2. Conditions de réalisation des interventions et rôle des intervenants

Notre recherche est réalisée dans des conditions écologiques, c'est-à-dire dans un contexte naturel de développement. Le travail est effectué dans la classe et avec le maître habituel des enfants. Le rôle du maître est de prendre en charge les différentes séances de la séquence d'enseignement-apprentissage. Le rôle du chercheur consiste à faire partager les intentions formatives, à négocier avec l'enseignant la réalisation de la séquence d'enseignement-apprentissage. De plus il peut intervenir pendant les différentes activités en tant que régulateur.

⁸ Signalons toutefois qu'il existe un décalage important entre l'appropriation par les enfants des systèmes sémiotiques (écriture de la langue, système numérique, etc.) et l'usage de leurs fonctions cognitives (Marti, 2003 ; Weil-Barais, Gaux & Iralde, 2007).

5.3. Construction des séquences d'enseignement-apprentissage

Dans la préparation et la construction de nos séquences d'enseignement-apprentissage, nous sommes centrées sur des objectifs de connaissance et de développement intellectuel.

-Objectifs de connaissance : ici nous faisons référence au modèle précurseur (dans le cas de notre travail sur l'ombre, le modèle « interposition source-objet » et dans le cas de l'intervention sur la fabrication du beurre, le modèle « action mécanique sur la crème » *cf.* chapitre 3). Le modèle précurseur proposé est une construction conceptuelle conçue pour inciter l'enfant à construire une interprétation interobjectale des phénomènes. Ces modèles visent le passage du traitement du phénomène physique ou physico-chimique (selon les études) allant de la simple énumération des propriétés intrinsèques à la constitution d'un système relationnel.

- Objectifs de développement intellectuel : favoriser le passage d'un traitement intraobjectal (centré sur les propriétés des objets, traitement discontinu du réel = abstraction empirique) à un traitement interobjectal (centré sur la construction de relations = abstraction réfléchissante).

Afin de pouvoir atteindre nos objectifs nous ferons particulièrement attention à quatre aspects importants du système de médiation : (1) le format interactionnel des échanges entre l'apprenant et le tuteur (la dimension interactionnelle), (2) la tutelle conçue comme intervention facilitatrice pour l'élève, (3) les artefacts⁹ culturels et (4) les représentations sémiotiques. Wertsch¹⁰ (1991) a en effet mis l'accent sur le fait que pour analyser les actions humaines, il est nécessaire d'analyser ce que fait l'individu en situation ainsi que les artefacts employés.

⁹ Un artefact est le produit de l'activité d'un être vivant, ce qui le distingue des objets naturels. On distingue les artefacts matériels (tableau noir, ordinateur) et symboliques (systèmes d'écriture, simulations, films...).

¹⁰ Wertsch fait partie des premiers psychologues ayant diffusé la pensée vygotskienne dans le monde anglo-saxon.

5.4. Stratégies pédagogiques

La stratégie de questionnement employée (inspirée en partie de notre étude de référence : Dumas Carré et al., 2003, *cf.* chapitre 3) peut se résumer en trois points :

- 1) Demande de prédiction et de justification : prédire, implique d'anticiper un état futur, hypothétique et susceptible d'une évolution d'un objet perceptivement absent, et c'est cette absence perceptive qui demande un effort cognitif considérable pour de très jeunes enfants. Les actions, n'étant pas perçues, doivent s'exécuter et se coordonner mentalement. Cette stratégie vise à éviter l'exploration par essai et erreur et à induire une activité réflexive, avant toute action.
- 2) Confrontation avec les données de l'expérience : le constat permet d'infirmer ou de confirmer les prédictions faites.
- 3) Formalisation collective et individuelle de l'expérience : la formalisation collective a statut de savoir partagé dans la classe. Les productions individuelles incitent les enfants à s'investir personnellement ; elles servent aussi à l'enseignant à repérer où en est chaque enfant par rapport aux caractéristiques du modèle précurseur visé. Par ailleurs, il est important de disposer d'une trace du travail réalisé. Ce travail peut être communiqué à d'autres personnes extérieures à la classe.

Concernant la tutelle relative à chaque activité, un ensemble d'interventions est prévu. Elles sont établies sous la forme d'une liste de questions ayant statut d'aide mémoire et de « boîte à outils » pour l'enseignant. Il est exclu que ces questions soient posées de manière rigide ; c'est à l'enseignant de déterminer le moment opportun et les questions nécessaires en regard de ce qu'il perçoit de la compréhension qu'ont les enfants du phénomène.

5.5. Traitement des productions des enfants

Les réponses des enfants font l'objet d'une catégorisation selon des grilles d'analyse spécifiques construites en référence au modèle développemental retenu (Piaget & Garcia, 1983). Un double codage a été réalisé (*cf.* chapitre 8 pour l'étude à propos des ombres ; *cf.* chapitre 9 pour l'étude à propos de la fabrication du beurre). En ce qui concerne l'étude à propos du phénomène de la formation de l'ombre, les données du pré-test sont comparées à celles du post-test et aux données des référentiels développementaux (*cf.* chapitre 8).

6. Méthodologie des évaluations (les référentiels développementaux à propos du phénomène physique de la formation des ombres)

Deux référentiels développementaux ont été construits : l'un concerne des enfants de l'école maternelle (PSM jusqu'à la GSM ; n= 90 enfants) avec deux modalités de production : verbale (V) et graphique (G). L'autre concerne des enfants de l'école primaire (CP jusqu'au CM2 ; n= 195) avec trois modalités de production : verbale (V), graphique (G) et pragmatique (P). Les seuls critères de sélection des enfants ont été l'âge (3 à 11 ans) et le niveau scolaire (PSM au CM2). Tous les enfants de deux écoles publiques, situées dans l'agglomération d'Angers, sans aucune exception, ont participé aux entretiens conduits par le chercheur.

Les deux référentiels, ont pour nous, la fonction principale d'être une source d'information essentielle pour toute comparaison ultérieure afin de pouvoir apprécier l'évolution résultant du processus d'enseignement-apprentissage, par rapport au développement typique.

6.1. Descriptif des entretiens

Les enfants sont interrogés par le chercheur, un par un, dans une salle proche de leur classe. L'entretien est effectué de façon individuelle, le temps fixé pour les entretiens n'est pas limité. Il

s'échelonne entre 15 et 30 minutes (les entretiens concernant les enfants jeunes étant en moyenne plus longs que pour les enfants plus âgés). L'entretien sollicite à la fois des verbalisations, des productions graphiques et la production d'un montage en 3D. La conduite des entretiens s'inspire de la méthode clinique-critique (Piaget, 1920).

Après avoir mis en confiance l'enfant, différents groupes de questions sont introduits successivement :

- Connaissance de l'existence du phénomène

« As-tu déjà vu des ombres ? » « Est-ce que tu sais ce que c'est que l'ombre ? » En cas de réponse négative, le chercheur montre l'ombre de sa main projetée sur une table pour être sûr que l'enfant a compris la question et pour s'assurer qu'il comprenne bien de quoi on parle.

« Quand est-ce qu'on voit des ombres ? » « Où voit-on des ombres ? »

- Identification des composants du phénomène

« De quoi a-t-on besoin pour faire une ombre ? » Si l'enfant ne répond pas à cette question, après plusieurs relances, l'entretien n'est pas prolongé. Si l'enfant donne plusieurs composantes du phénomène, le chercheur questionne sur une relation possible entre ces composants, ce qui constitue une suggestion : « D'après toi est-ce qu'il faut les utiliser tous ensemble ou peut-on utiliser chaque chose séparément pour faire l'ombre ? ». Si la réponse est « tous ensemble », le chercheur utilise la contre suggestion pour vérifier la solidité de la réponse et poursuit l'entretien par un questionnement sur le positionnement relatif des composants, la topologie du phénomène.

- Le positionnement relatif des composants

« D'après toi, où il faut mettre la lumière par rapport à l'objet ? », « Et l'ombre par rapport à l'objet? », « Où va-t-on voir l'ombre ? »

On interroge ensuite sur la fonction de chaque composant.

- Fonction de chaque composant

« Qu'est-ce que fait la lumière ? », « Qu'est-ce que fait l'objet ? ».

- Ébauche d'explication du phénomène

« Qu'est-ce qui s'est passé avec la lumière qui éclairait l'objet ? », « Elle est partie où ? », « Pourquoi n'est-elle pas dans l'ombre ? », « Est-ce que tu crois que l'objet peut faire quelque chose à la lumière ou pas ? »

Lors de cette première phase, chaque fois que le chercheur le considère nécessaire, il utilise la contre-suggestion pour vérifier la solidité d'une réussite et/ou le conflit cognitif afin de permettre à l'enfant de revoir éventuellement son jugement.

L'expérimentateur peut mettre fin à l'entretien avant d'avoir épuisé toute la série de questions, si l'enfant ne parvient pas à répondre à la première série de questions exprimant ainsi la méconnaissance du phénomène. Les entretiens ont fait l'objet d'un enregistrement sonore ainsi que d'une transcription intégrale.

La deuxième modalité utilisée est graphique (G), la consigne complète est la suivante : « il faut te dessiner avec ton ombre et avec tout ce dont tu as besoin pour la faire », quatre paraphrases précèdent cette consigne (cf. chapitre 7 ; paragraphe 2.5) afin que l'enfant puisse comprendre la demande faite par le chercheur. Les dessins des enfants sont conservés et scannés.

A l'issue de cette phase, s'il le juge nécessaire pour pouvoir interpréter les réponses de l'enfant, le chercheur lui demande d'explicitier son dessin. En général cette demande est réalisée auprès des sujets les plus jeunes (PSM, enfants entre 3 et 4 ans), puisque le dessin à cet âge est souvent composé de tracés difficilement identifiables. De cette manière, les dires de l'enfant accompagnent l'activité graphique, la justifient et la traduisent (Lurçat, 1979). A partir de 5 ans, la demande d'explicitation se fait plus rare, puisque nous assistons, chez la plupart des enfants, à la convergence de l'expression orale et graphique.

Nous avons signalé au début du chapitre que notre deuxième référentiel a bénéficié d'un éclairage théorique nouveau par rapport au premier référentiel. La conséquence directe sur notre travail se traduit par l'intégration d'un troisième registre d'expression : pragmatique (P). C'est ainsi qu'à la suite des deux premières phases (verbale (V) et graphique (G)), on demande à l'enfant de réaliser un montage en trois dimensions. Pour ce faire, sur une table sont disposés sept objets (*cf.* photo 1) : un chat en peluche, deux poupées fixées sur des supports en bois, des représentations des ombres des trois objets précités, dessinées sur des feuilles au format A3 réalisées au moyen de formes planes en carton, et une lampe orientable. On donne alors une première consigne : « regarde, sur la table il y a beaucoup d'objets, je te demande d'aller voir, de choisir ton objet préféré entre : le chat, le petit garçon et la petite fille et de le prendre avec toi ». Ensuite une deuxième consigne est donnée : « maintenant, il faut que tu prennes tout ce dont tu as besoin, pour construire sur cette autre table, l'ombre de ton objet préféré. Ensuite tu vas mettre chaque objet à la place que tu crois être la meilleure, pour faire l'ombre du personnage que tu as choisi. Il faut savoir qu'on n'a pas le droit d'allumer la lumière ». Cette contrainte permet d'éviter que l'enfant procède par essai et erreur. Il s'agit en effet de voir si l'enfant intercale l'objet entre la source lumineuse potentielle et l'ombre, et s'il respecte l'alignement de la source, de l'objet et de l'ombre. Une fois la production achevée, c'est-à-dire lorsque l'enfant s'estime satisfait, le chercheur photographie le montage réalisé. Toutes les photos ont été conservées.



Photo 1 : Matériel utilisé lors des entretiens individuels dans la modalité pragmatique

Toutes les données (285 entretiens, 285 dessins, 195 constructions) ont fait l'objet d'un enregistrement sur DVD afin de faciliter leur stockage en vue des analyses.

6.2. Grilles d'analyse

Les grilles d'analyse ont été conçues en prenant en compte le modèle développemental que nous avons retenu (*cf.* chapitre 3). Les productions des enfants ont été classées par catégorie de traitement du réel. Nous entendons par catégorie : le niveau de production atteint par l'enfant dans les différents registres d'expression. Les tableaux 7, 8 et 9 ci-après précisent ces catégories avec les différents critères d'appartenance par registre d'expression : verbal (V), graphique (G) et pragmatique (P) en y intégrant des exemples.

Tableau 7 : Catégories de traitement du réel avec les différents critères d'appartenance des enfants dans le registre verbal (V)

Hors modèle	Intraobjectale		Quasi interobjectale	Interobjectale	
	C 1- V	C 2- V	C 3- V	C 4- V	C 5 - V Avec énoncé de la loi fondamentale
L'enfant ne s'exprime pas ou dit « je ne sais pas »	Seulement un composant est nommé.	Seulement un ou deux composants sont nommés et une propriété est énoncée de façon isolée.	Deux éléments ou plus sont nommés. Une coordination ou une ébauche de relation est exprimée mais avec des erreurs ou des lacunes.	Deux éléments ou plus sont nommés et au moins une relation est exprimée de manière correcte.	Tous les éléments constitutifs du phénomène sont indiqués ainsi que les relations entre les objets. Énoncé de la loi d'interposition source-objet.
	Oui, j'ai vu mon ombre, elle était petite et blanche. J'ai vu l'ombre de mon frère. Jon (5 ;0)	Oui, je n'arrête pas de voir mon ombre quand il y a le soleil. Mon ombre est pareille que moi. Mil (4 ;7)	Oui, j'ai déjà vu sur moi à cause des immeubles. J'ai vu l'ombre de ma maman dans la maison, il faisait jour. J'ai vu mon ombre, elle est pareille que moi. On a besoin du noir, de la lumière, du beige. Ily (5 ;7)	Si tu as une lampe, tu prends une et après tu fais l'ombre dans un mur, si tu n'as pas un mur tu peux aller chez un copain, on amène la lampe et on fait l'ombre. La lumière tu peux la « tiendre », il se met sur le côté de la lampe et après voit son ombre <i>sur le mur</i> . Sai (5 ;1)	Le soleil quand on est dessous ça fait l'ombre, ça cache le soleil, ça veut dire cacher la lumière, par exemple il y a peut être une ombre. Où il y a l'ombre il n'y a pas de lumière. avec la lumière ça fait l'ombre, on peut la voir s'il y a le soleil. Ant (5 ;0)

Tableau 8 : Catégories de traitement du réel avec les différents critères d'appartenance dans le registre graphique (G)



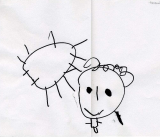






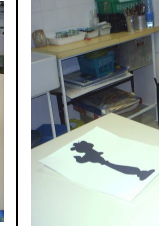
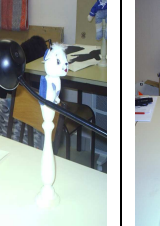

Hors modèle	Intraobjectale		Quasi interobjectale	Interobjectale	
C 0 - G	C 1 - G	C 2 - G	C 3 - G	C 4 - G	C 5 - G
Le dessin ne correspond pas du tout à la consigne donnée.	Un seul élément présent.	Deux éléments présents.	Au moins trois éléments présents mais disposés de manière incorrecte. Alignement imparfait et/ou détails dans l'ombre.	Au moins trois éléments présents, disposés de manière correcte. Alignement convenable. Pas de détails dans l'ombre.	Présence des 4 composants : lumière – objet- ombre – plan de projection. Alignement parfait. Continuité objet-ombre si nécessaire.
Enz (5 ;0) 	Luc (4 ; 2) 	Mar (3 ; 8) 	Shi (3 ;11) 	Nat (4 ;8) 	Man (5 ; 6) 

Tableau 9 : Catégories de traitement du réel avec les différents critères d'appartenance dans le registre pragmatique (P)

Hors modèle	Intraobjectale		Quasi interobjectale	Interobjectale	
C 0 - P	C 1- P	C 2- P	C 3- P	C 4 - P	C 5- P
Le montage de l'enfant ne répond à la consigne donnée	Seul un objet est présent	Deux objets seulement sont présents.	Au moins trois objets sont présents mais l'alignement est imparfait et/ou la lampe / ombre mal placées.	Tous les éléments sont présents avec une relation spatiale correcte ; des décalages dans le positionnement des objets ; pas de continuité objet-ombre.	Tous les éléments sont présents ; alignement parfait des objets. La source lumineuse est dirigée correctement.
					

En nous basant sur le modèle développemental proposé par Piaget et Garcia (1983), nous avons distingué deux grandes catégories des réponses pour les trois registres d'expression sollicités (verbal, graphique et pragmatique) : intraobjectales et interobjectales, la catégorie transobjectale

étant absente. A l'intérieur de chacune de ces grandes catégories, nous avons distingué les réponses en prenant en compte d'autres critères que la centration sur des propriétés (intra) ou sur des relations (inter). Ainsi, à l'intérieur des réponses de type « intraobjectal », nous avons distingué celles qui n'évoquent qu'un seul objet ou qu'une seule propriété (catégorie intraobjectale C1) de celles qui en évoquent plusieurs (catégorie intraobjectale C2). A l'intérieur de la catégorie « inter », nous avons distingué les réponses qui n'expriment que les relations topologiques (catégorie interobjectale C4), de celles qui explicitent en outre les raisons de l'existence du phénomène (catégorie interobjectale C5). A ces quatre catégories, nous avons adjoint une catégorie intermédiaire (catégorie quasi-interobjectale C3) : une (ou des) relation(s) sont exprimées mais elle(s) est (sont) erronée(s) ou incomplète(s). Au cas où les réponses ne rentrent dans aucune de ces catégories, elles sont classées en (C0) c'est-à-dire hors modèle ; ici l'enfant ne s'exprime pas ou son dessin ainsi que son montage ne correspondent pas du tout à la consigne donnée. L'ordre de présentation des catégories traduit la progression dans le traitement du phénomène du point de vue du modèle développemental utilisé.

Au plan verbal, c'est l'expression de la loi d'interposition de l'objet, entre la source lumineuse et la surface de projection qui différencie les deux catégories de réponses interobjectales indiquées dans le tableau (C4-V et C5-V). Concernant le dessin (C5-G), on a considéré que c'était la présence du plan de projection qui était équivalente à la formulation de la loi d'interposition source-objet (C5 - V). En ce qui concerne le montage (C5-P) la catégorie interobjectale la plus évoluée est celle qui présente un alignement parfait de tous les éléments.

7. Attentes et suite de l'étude

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail le dispositif méthodologique sur lequel nous sommes appuyées pour l'ensemble de notre recherche. L'objectif de ce chapitre était de mettre en avant les conditions nécessaires pour que l'apprentissage soit susceptible de produire

du développement, ainsi que les procédures générales de nos référentiels développementaux. Les méthodes transversale et longitudinale seront utilisées dans la suite de notre étude afin de pouvoir, d'une part, comparer les effets de l'intervention, c'est-à-dire d'un développement induit à une évolution normale (développement typique) ; et d'autre part, étudier le processus de développement de la conceptualisation. Le dispositif d'évaluation sera exposé dans les chapitres 5 et 6 (approche transversale de la PSM jusqu'au CM2) puis le suivi des enfants avant et après la séquence d'apprentissage (approche longitudinale) sera présenté dans le chapitre 8.

En mobilisant l'ensemble des processus (avancés dans le point 5 du chapitre) dans les séquences psycho-didactiques, nous nous attendons à une évolution dans le sens d'une mobilisation des conceptualisations avancées par les enfants, de l'intra à l'interobjectal. Partant de l'idée que le développement est multidéterminé c'est un système d'hypothèses que nous mettons à l'épreuve par l'évaluation des effets des séquences d'enseignement-apprentissage conçues en prenant en compte l'ensemble des hypothèses.

CHAPITRE 5. REFERENTIEL DEVELOPPEMENTAL : ECOLE MATERNELLE¹¹

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous présentons les données concernant l'évolution des explications fournies par les enfants de l'école maternelle à propos du phénomène physique de la formation des ombres.

1. Introduction

Dans ce premier volet empirique de la recherche, nous nous sommes fixées comme objectif l'accès aux représentations spontanées des enfants, de la Petite Section à la Grande Section de Maternelle à propos du phénomène physique de la formation des ombres. Le travail sera effectué par le biais de deux modalités d'expression : verbale (V) et graphique (G) afin de situer leur palier développemental. Nous analyserons les réponses des enfants en prenant appui sur les grilles d'analyse présentées dans le chapitre précédent. Nous mettrons en place des analyses quantitatives et qualitatives afin de pouvoir faire une étude approfondie de l'évolution des explications des enfants à propos du phénomène physique de la formation des ombres.

Dans un premier temps chaque entretien verbal a été analysé, dans un deuxième temps en a été de même pour chaque production graphique. Des analyses quantitatives seront présentées à l'aide d'histogrammes. Des patterns de réponses par niveau scolaire ont été étudiés et

¹¹ Toutes les données de l'étude peuvent être consultées dans le CD ROM Référentiel école maternelle : population, productions des enfants puis les tableaux généraux.

comptabilisés. Concernant les analyses qualitatives, nous avons travaillé sur la présentation de cas représentatifs dans chaque catégorie de traitement du réel. Nous nous sommes centrées sur l'étude et l'analyse fine des conceptualisations du même niveau de traitement du réel dans les différents registres d'expression (conceptualisation à caractère homogène), ainsi que dans celles qui présentaient des décalages (conceptualisation à caractère hétérogène).

2. Population

L'échantillon est composé de 90 enfants de la PSM jusqu'à GSM (*cf.* tableau 1 CD-Rom pp. 3-8.)

3. Traitement de données

Une fois les entretiens effectués, ils ont fait l'objet d'une étude détaillée. Tout d'abord dans chaque entretien ont été repérés les éléments constitutifs du phénomène de l'ombre exprimés par l'enfant : objet, source lumineuse, ombre, plan de projection... Ces éléments ont été consignés dans un tableau général. La deuxième étape a été centrée sur le repérage de l'expression des éléments, soit de façon isolée, soit de façon relationnelle. Finalement, nous avons regardé si l'enfant exprimait une ou des relations entre les éléments, et si ces relations étaient exprimées correctement ou de façon incomplète. Les résultats ont été confrontés à nos grilles d'analyse (*cf.* chapitre 4 ; tableau 7 p. 176), établissant ainsi la catégorie d'appartenance de chaque enfant.

Dans un deuxième temps, chaque production graphique a été analysée. Nous avons tout d'abord repéré les éléments présents dans le dessin : ombre, objet, source lumineuse, plan de projection.

De la même façon que pour l'entretien verbal, les éléments repérés ont été consignés dans un tableau général. La suite a été de repérer les possibles relations exprimées dans le plan.

Pour finaliser, les résultats ont été confrontés à notre grille d'analyse (cf. chapitre 4 ; tableau 8 p.177), établissant ainsi la catégorie d'appartenance de chaque enfant.

Avant d'introduire les analyses des résultats, voici deux exemples illustrant les critères qui sont pris en compte pour affirmer ou infirmer un alignement correct des éléments au plan graphique :

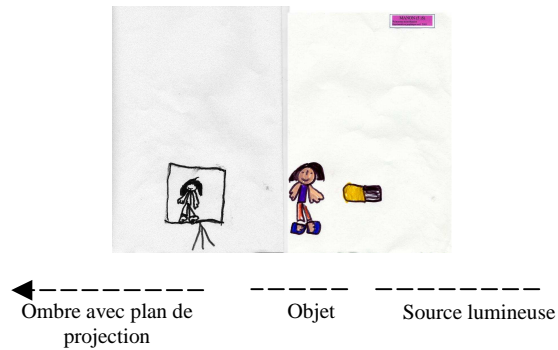


Figure 13 : Exemple 1 de traitement relationnel du phénomène de la formation des ombres au plan graphique

Dans notre premier exemple (cf. figure 13), nous pouvons observer un cas très clair de traitement relationnel correct. Tous les éléments constitutifs du phénomène sont présents dans le dessin et, le positionnement dans l'espace graphique est fait de manière à pouvoir tracer une ligne imaginaire (figurée en pointillés), les mettant en relation les uns par rapport aux autres (même alignement).

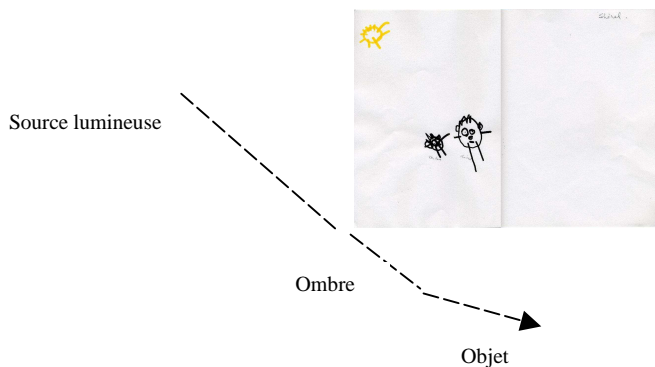


Figure 14 : Exemple 2 de traitement relationnel du phénomène de la formation des ombres au plan graphique

Dans notre second exemple (*cf.* figure 14), nous pouvons observer un cas de traitement relationnel incorrect. Trois éléments constitutifs du phénomène sont présents dans le dessin et, le positionnement dans l'espace graphique est fait de manière à pouvoir tracer une ligne imaginaire, nous indiquant une erreur dans la mise en relation : l'ombre est positionnée entre la source lumineuse et l'objet (erreur dans le positionnement d'un élément).

4. Résultats et analyses

Nous allons faire état des résultats obtenus en proposant deux types d'analyses : une première analyse quantitative puis une analyse qualitative. Les analyses se font en prenant appui sur nos six catégories (C0, C1, C2, C3, C4, et C5).

4.1. Analyse quantitative

Nous présentons ci-après les résultats concernant les différentes catégories d'explication du réel à l'Ecole Maternelle dans la modalité verbale (*cf.* figure 15).

Si nous faisons un traitement global de toutes les informations qui émergent des données recueillies, nous dirons que notre référentiel montre bien un effet développemental dans le traitement du phénomène de la formation des ombres. En ce qui concerne l'approche intraobjectale (C1 et C2), nous retrouvons les pourcentages suivants : 67% en PSM, 33% en MSM et 43% en GSM, cependant un nombre non négligeable ignore l'existence du phénomène : 30% en PSM, 47% en MSM et 24% en GSM. Au premier abord nous pouvons penser que les enfants de MSM sont moins performants dans le traitement du réel que les enfants de PSM : 30% *versus* 47% méconnaissent le phénomène et 67% *versus* 33% font un traitement intraobjectal. Nonobstant, nous verrons ci-après que malgré le pourcentage important d'enfants en MSM appartenant à la catégorie C0, il existe 20% de l'échantillon qui appartient à des

traitements plus performants du réel : catégories quasi-interobjectales (C3) voire interobjectales (C4 et C5). Ceci vérifie l'effet développemental de notre échantillon.

La progression dans le traitement intermédiaire représenté par la catégorie quasi-interobjectale (C3) se traduit par : 3.3% des enfants en PSM, 13.3% en MSM et 26.7% en GSM, ce qui nous amène à faire deux constats. Le premier concerne l'incapacité des enfants en PSM à faire face à un traitement relationnel du réel. Le deuxième constat fait référence à la MSM et surtout à la GSM dans laquelle nous avons observé qu'un nombre non négligeable d'enfants appartiennent à la catégorie quasi-interobjectale (C3). Pour nous, cela signifie que la possibilité d'un traitement relationnel donc interobjectal du réel peut être envisagé sous certaines conditions, même si les enfants ne semblent pas encore prêts cognitivement de façon massive.

Les catégories interobjectales (C4 et C5) sont présentes dans les classes MSM et GSM.

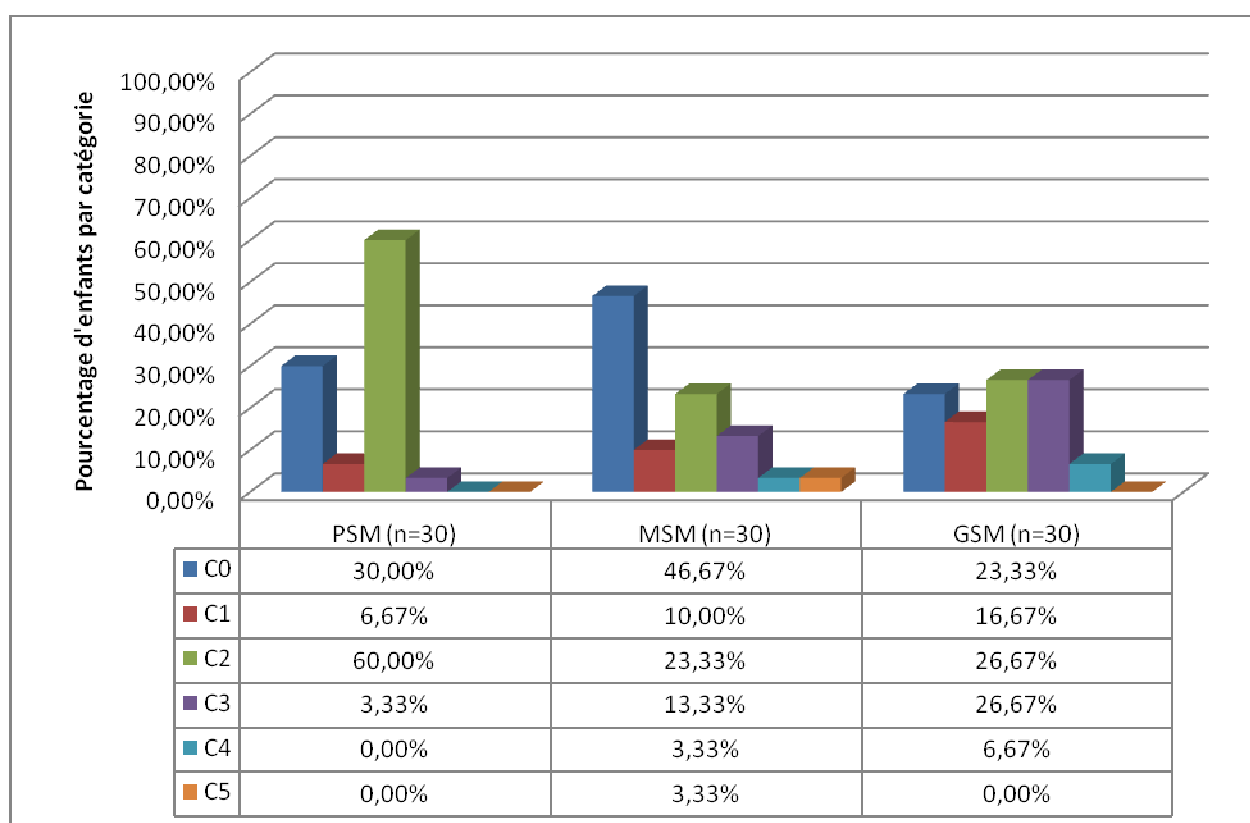


Figure 15 : Résultats concernant la modalité verbale en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

A propos de l'analyse des données concernant la modalité graphique (cf. figure 16), nous pouvons faire plusieurs constats :

- en ce qui concerne le traitement du réel intraobjectif, c'est-à-dire les catégories C1 et C2, nous retrouvons 26% des enfants en PSM, 80% des enfants en MSM et 73% des enfants en GSM ;
- la catégorie qui traduit un traitement du réel quasi-interobjectif (C3) présente la distribution qui suit : 7% des PSM, 10% des MSM et 20% des GSM. Cette catégorie dans laquelle des ébauches de relations entre objets commencent à apparaître, même de façon incorrecte, semble être accessible aux enfants les plus âgés (GSM) ;
- en ce qui concerne le traitement interobjectif, il est inexistant en PSM, et seulement à hauteur de 3% en MSM, et il est de même en GSM (3%) ;
- 67% d'enfants en PSM ignorent l'existence du phénomène ou réalisent un dessin qui ne correspond pas du tout à la consigne donnée, contre 7% en MSM et seulement 3% en GSM.

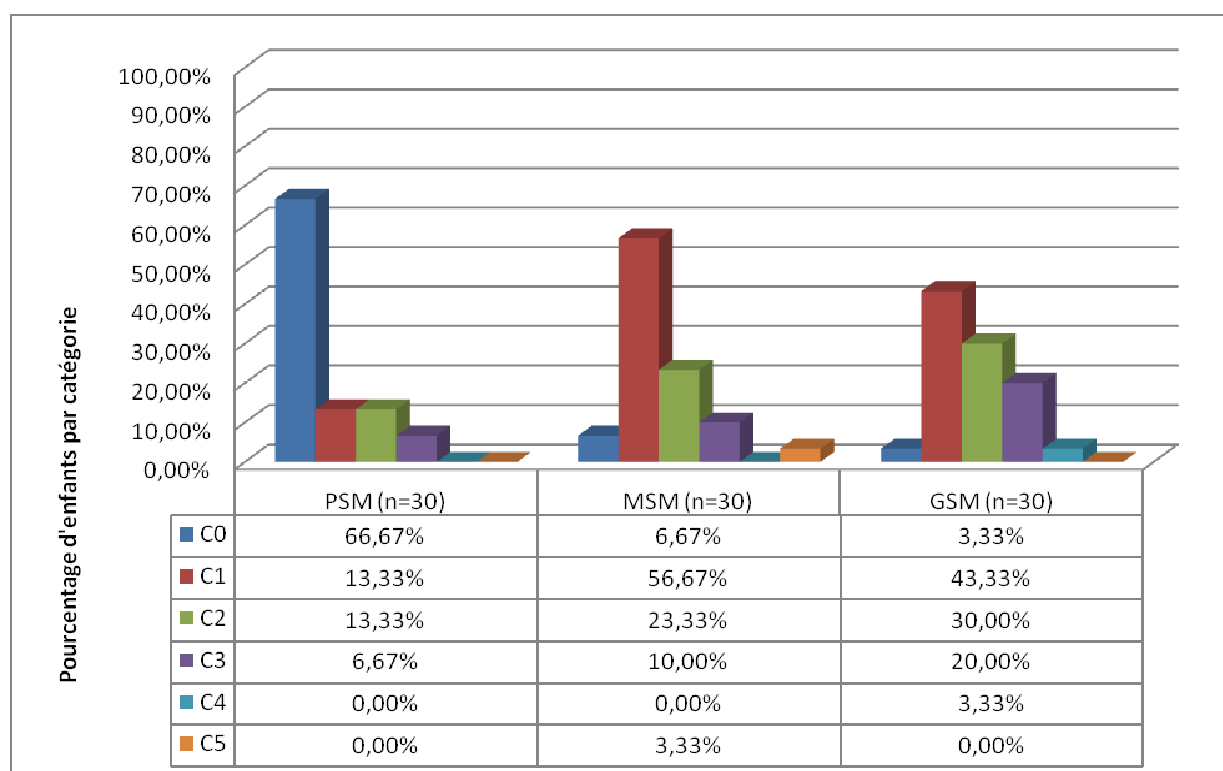


Figure 16 : Résultats concernant la modalité graphique, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-inter objectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

D'après les différents constats précédemment énoncés, nous pouvons avancer l'idée, que la modalité graphique pose problème d'une manière générale. Le nombre important de productions dans le traitement intraobjectal voire dans celui hors modèle pourrait s'expliquer par un obstacle que peut poser, à cet âge-là, la production d'un dessin représentant un ensemble d'objets dans l'espace. Ce mode d'expression nécessite des habiletés spécialisées. Il existe un aspect évolutif que nous ne pouvons pas ignorer dans lequel sont présents entre autres : les conditions motrices, perceptives, le contrôle du tracé, le contrôle du mouvement, le mouvement et la forme, les liaisons graphico-sémantiques, etc. Malgré cela, un pourcentage non négligeable d'enfants accède à notre catégorie intermédiaire (quasi-interobjectale). Cela implique que, pour un certain nombre d'entre eux, il est possible d'aller au-delà de la perception immédiate pour commencer à établir des relations, même si celles-ci se traduisent encore de manière erronée ou incomplète au plan graphique.

Patterns de réponses

Dans la suite de notre analyse quantitative nous avons fait le choix d'étudier les différents patterns de réponse de traitement du réel. Nous définissons un pattern comme une structure de réponses du traitement du réel. Nous verrons plus avant que les patterns peuvent être soit homogènes soit hétérogènes. Tout d'abord, nous allons regarder les patterns par niveau de classe : PSM, MSM et GSM. Pour faciliter la lecture des différents tableaux que nous allons introduire ci-après, nous mettons à disposition la liste des patterns étudiés avec leur description :

- Même catégorie de traitement du réel dans les deux registres : VG (pattern de traitement homogène du réel.)
- Une modalité domine sur l'autre. La modalité dominante est à + 1 catégorie d'écart par rapport à l'autre modalité : V-G, pattern de traitement du réel hétérogène à suprématie verbale [1-2] ou bien G-V, pattern de traitement du réel hétérogène à suprématie graphique [2-1].
- Une modalité domine sur l'autre. La modalité dominante est à + 2 catégories d'écart par rapport à l'autre modalité : (V+2) -G, pattern de traitement du réel hétérogène à suprématie verbale à + 2 catégories [1(+2)-2] ou bien (G+2 -V), pattern de traitement du réel hétérogène à suprématie graphique à + 2 catégories [2 (+2)-1].

Petite Section de Maternelle (PSM)

Le tableau 10 montre la distribution en pourcentage des patterns de traitement du réel chez les enfants de PSM. Ce qui ressort des résultats est en premier lieu la suprématie de la modalité verbale à +2 catégories [(V+2)-G] sur la modalité graphique avec un score qui atteint 47% de l'échantillon. Nous pouvons faire l'hypothèse que chez les enfants entre 3 et 4 ans, la voie privilégiée est celle du langage oral, peut-être parce que, à cet âge-là, ils sont encore loin de maîtriser les gestes moteurs nécessaires à l'expression graphique. Un autre marqueur

intéressant est celui du traitement homogène (VG) à hauteur de 27% de l'échantillon total, soit 8 enfants sur 30.

Tableau 10 : *Patterns de traitement du réel en PSM*

Descriptif du pattern	Abréviation du pattern	(n= 30 sujets)
Pattern de réponse homogène [11]	VG	27% (8)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale [1- 2]	V-G	7% (2)
Pattern de traitement du réel hétérogène à suprématie graphique [1- 2]	G-V	17% (5)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale à + 2 catégories [1 (+2)- 2]	(V+2)-G	47% (14)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie graphique à + 2 catégories [1 (+2)- 2]	(G+2)-V	3% (1)

Moyenne Section de Maternelle (MSM)

En MSM (*cf.* tableau 11), nous observons deux résultats assez saillants, celui de la suprématie graphique (G-V) sur la modalité verbale à hauteur de 40%, et un traitement homogène à hauteur du 37% de l'échantillon total.

Tableau 11 : *Patterns de réponses en MSM*

Descriptif du pattern	Abréviation du pattern	(n= 30 sujets)
Pattern de réponse homogène [11]	VG	37% (11)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale [1- 2]	V-G	17% (5)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie graphique [1- 2]	G-V	40% (12)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale à + 2 catégories [1 (+2)- 2]	(V+2)-G	3% (1)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie graphique à + 2 catégories [1 (+2)- 2]	(G+2)-V	3% (1)

Grande Section de Maternelle (GSM)

Les résultats concernant les enfants de GSM (*cf.* tableau 12) montrent une plus grande stabilité, 47% des enfants de l'échantillon sont dans une approche homogène du phénomène physique de la formation des ombres, dans les deux modalités. Le graphisme rejoint le langage d'une manière plus importante que dans les niveaux précédents (PSM et MSM). Cela peut s'expliquer, entre autres, par une meilleure expertise ou maîtrise des codes graphiques et topologiques.

Tableau 12 : *Patterns de traitement du réel en GSM*

Descriptif du pattern	Abréviation du pattern	(n= 30 sujets)
Pattern de réponse homogène [11]	VG	47% (14)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale [1- 2]	V-G	27% (8)

Pattern de réponse hétérogène à suprématie graphique [1- 2]	G-V	27% (8)
---	-----	---------

En ce qui concerne les traitements hétérogènes, seulement deux types de patterns sont représentés : (V-G) et (G-V) à valeur égale : 27%. Les décalages plus importants (+2 catégories) disparaissent.

Si nous regardons l'ensemble des résultats nous pouvons constater que plus les enfants avancent en âge, plus le traitement du réel est homogène dans les registres d'expression sollicités. Ainsi à 3 ans nous avons observé 27% des enfants, à 4 ans 37% et à 5 ans presque la moitié de l'échantillon, c'est-à-dire 47%.

4.2. Analyse qualitative

Dans cette partie de l'analyse, nous allons présenter des études de cas : d'une part, des exemples des productions d'enfants qui montrent un traitement homogène du réel dans les deux modalités d'expression : verbale et graphique et d'autre part, des exemples des productions d'enfants de traitement hétérogène du réel.

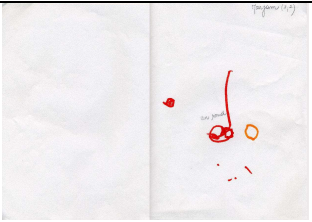
Des représentations exprimées identiques pour les deux registres d'expression

Nous introduisons, ci-après, quelques exemples à propos des différentes catégories de traitement du phénomène physique de la formation des ombres. Ces exemples montrent l'homogénéité du traitement du réel.

1) Chez Mar (3 ;2) (*cf.* tableau 13), nous pouvons constater l'absence de réponse dans la modalité verbale ainsi qu'un dessin ne correspondant pas à la consigne donnée. Quand le chercheur interroge l'enfant au sujet de sa production graphique, il répond qu'il a dessiné des ronds. Donc cet enfant appartient à la catégorie C0 dans les deux modalités.

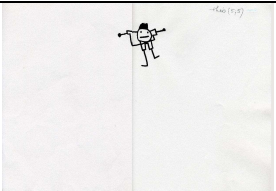
Tableau 13 : *Catégorie hors modèle (CO) du traitement du réel dans les deux registres d'expression*

Mar (3 ;2) PSM	
Modalité graphique	Modalité verbale

Dessin à 2 dimensions	Déclaratif
	Non

2) Chez Thé (5 ;5) (*cf.* tableau 14), la production graphique représente seulement le dessin de l'objet. Selon ses dires, seul l'objet est nécessaire à la formation de l'ombre. Nous pouvons faire l'hypothèse interprétative, concernant ce dessin, de la présence de l'ombre à l'intérieur de l'objet. Certains enfants pensent qu'il n'est pas nécessaire de dessiner l'ombre puisque l'ombre existe à l'intérieur de l'objet (isomorphisme ombre-objet). Ce constat a déjà été fait par de nombreux chercheurs auparavant (*cf.* Chapitre 3 du mémoire). Si nous prêtons attention au discours de l'enfant, nous constatons qu'il est centré de même que pour la modalité graphique, sur un seul élément : l'ombre, avec des caractéristiques ou propriétés erronées telle la transparence. Cette transparence peut appuyer notre hypothèse à propos de l'isomorphisme : du fait de la transparence de l'ombre, le seul élément perçu est l'objet. En outre, nous pouvons faire remarquer que cet enfant ne répond pas uniquement en référence au plan de la réalité perçue, mais qu'il fait référence à un contexte imaginé. Cela pourrait vouloir dire que pour lui la situation évoquée a peu de matérialité. Cet enfant appartient à la catégorie C1 dans les deux registres.

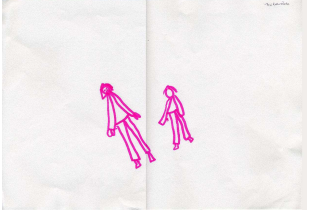
Tableau 14 : *Catégorie intraobjectale (C1) du traitement du réel dans les deux registres d'expression*

Thé (5 ;5) GSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>Oui, en dessous du lit et sur le côté de la chambre. J'ai vu mon ombre dans le noir elle est toute blanche. On a besoin d'encre et après tu mets ton doigt et tu deviens invisible, transparente et après quand tu bois du jus d'orange tu deviens à nouveau toi.</p> <p style="text-align: center;">L'ombre est transparente, elle est toute blanche.</p>

3) Chez Mil (4 ;7) (*cf.* tableau 15), nous constatons un traitement intraobjectal homogène dans les deux modalités. Au plan verbal elle exprime un isomorphisme ombre-objet : « elle est pareille


que moi » et donne un deuxième élément : la présence du soleil en tant que condition à l'existence de l'ombre : « quand il y a du soleil... ». L'ombre et le soleil sont énoncés mais l'enfant reste dans un niveau qui a trait à une ébauche de constat, sans aller plus loin. L'expression graphique montre deux entités : ombre et objet de la même couleur et de la même forme, la seule différence étant la taille. L'enfant appartient à la catégorie C2 dans les deux modalités.

Tableau 15 : *Catégorie intraobjectale (C2) du traitement du réel dans les deux registres d'expression*

Mil (4 ;7) MSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	Oui, je n'arrête pas de voir mon ombre quand il y a le soleil dans la cour et l'ombre des autres enfants. Mon ombre est pareille que moi.

4) Ci-après, le tableau 16, présente le cas de Mae (5 ;6). En ce qui concerne la modalité verbale, l'enfant exprime l'existence de l'ombre. Nous constatons quelques points intéressants, comme l'allusion à une source lumineuse « il faisait jour », ainsi que l'expression d'une condition clairement énoncée : « besoin de soleil, s'il n'y a pas du soleil cela ne marche pas ». Mais malgré cela le discours n'est pas assez clair, ce qui ne permet pas encore de classer Mae dans une approche interobjectale. En ce qui concerne son dessin, trois éléments sont présents dans le plan : le soleil, l'ombre et l'objet. Le positionnement des éléments représentés est incorrect : source-ombre-objet au lieu de source-objet-ombre. La production graphique de Mae traduit ses dires ; la relation graphico-sémantique est donc très claire. Mae est dans la catégorie de transition entre l'intra et l'interobjectal, c'est-à-dire à la catégorie C3 quasi-interobjectale erronée ou incomplète dans les deux registres d'expression.

Tableau 16 : *Catégorie quasi-interobjectale (C3) du traitement du réel dans les deux registres d'expression*

Mae (5 ;6) GSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>Oui, mon ombre.</p> <p>Elle avait une tête, un manteau et aussi l'ombre de ma maman par terre à l'extérieur. Elle était noire, elle avait que du noire, il faisait jour quand je l'ai vu, j'ai regardé par terre. On a besoin du noir, on a besoin du soleil, s'il n'y a pas du soleil l'ombre ne vient pas, parce que ça ne marche pas.</p>

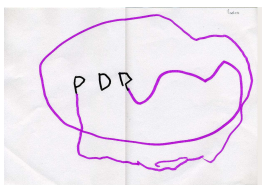
Des représentations exprimées qui diffèrent en fonction des registres d'expression

Ci-après nous introduisons quelques exemples de traitement hétérogène du réel. Dans ces exemples, nous pouvons constater les différents décalages (différences intra-individuelles) dans l'explication du réel selon les deux modalités sollicitées.

Quand la modalité verbale montre un décalage de +1 catégorie dans le traitement du réel, sur la modalité graphique [(V+1)-G]


1) Un premier exemple est celui de Pedr (3 ;11) (*cf.* tableau 17) ; il énonce la nécessité d'avoir une ombre et au plan graphique il réalise une production qui ne répond pas à la consigne donnée.

Tableau 17 : *Catégorie C1 dans le registre verbal et C0 dans le registre graphique*

Pedr (3 ;11) PSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>Oui, l'ombre de couleur rose, blanche.</p>

2) Dans le cas suivant (*cf.* tableau 18), Thé (4 ;8), parle à propos de deux éléments nécessaires à la formation de l'ombre : l'ombre et le soleil. Dans sa production graphique il dessine seulement l'objet. Même si Thé ne connaît pas encore la fonction de la source lumineuse, il est capable de la nommer au même titre que l'ombre comme étant un composants du phénomène.

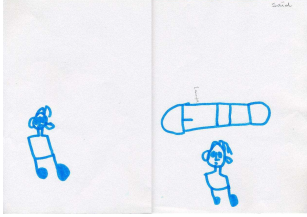
Tableau 18 : *Catégorie C2 dans le registre verbal et C1 dans le registre graphique*

Thé (4 ;8) PSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>J'ai vu l'ombre de ma maman dans une maison, j'ai vu mon ombre dans la maison, elle était grande.</p> <p>Elle n'est pas pareille que moi.</p> <p>On voit l'ombre quand se lève le soleil, le soleil fait mal aux yeux.</p>

3) Dans l'exemple suivant (*cf.* tableau 19) nous pouvons remarquer que Sai (5 ;1), nomme l'ombre, l'objet, la source lumineuse et le plan de projection. Il explique le phénomène en indiquant les relations topologiques entre les différents éléments pour former l'ombre. Par contre, il n'explique à aucun moment l'interposition source-objet. Les dires de l'enfant nous permettent

de le classer dans la catégorie interobjectale C4. Dans sa production graphique, trois éléments sont présents : objet-ombre et source lumineuse, la relation entre objets est signifiée de façon erronée, Sai appartient à la catégorie C3, quasi-interobjectale dans le registre graphique.

Tableau 19 : Catégorie C4 dans le registre verbal et C3 dans le registre graphique

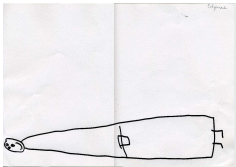
Sai (5 ;1) GSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>Oui, il y a même des ombres où il y a les chiffres dans la classe, parce que tous les jours on fait la date et il y a l'ombre des chiffres. L'ombre des chiffres elle est noire, mon ombre va être bleue claire parce que j'adore cette couleur. On a besoin de quelqu'un, une lumière, si on a une lampe, on peut voir une ombre dans un mur. Il faut du noir. Si on n'a pas la lumière, on ne peut pas faire l'ombre, parce que j'ai vu des ombres que avec une lumière, parce que quelqu'un faisait une ombre avec sa main pour attraper une petite fille. L'enfant dit : regarde (il montre l'ombre projetée sur une feuille blanche) et dit : tu vois, il y a la lumière en haut. Si tu as une lampe, tu prends une et après tu fais l'ombre dans un mur, si tu n'as pas un mur tu peux aller chez un copain, on amène la lampe et on fait l'ombre. La lumière tu peux la « tiendre », il se met sur le côté de la lampe et après voit son ombre sur le mur.</p>

Quand la modalité graphique montre un décalage de +1 catégorie dans le traitement du réel, sur la modalité verbale

Ci-après, nous analyserons des cas où la production de l'enfant dans la modalité graphique est d'un niveau supérieur à la modalité verbale.

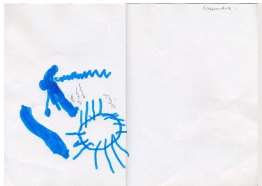
1) Cel (3 ;8), dessine l'objet puis dans l'entretien, il nous dit qu'il ne se rappelle pas de quoi nous avons besoin pour faire l'ombre (cf. tableau 20). Cet enfant appartient à la catégorie C1 en ce qui concerne l'expression graphique et C0 en ce qui concerne la modalité verbale.

Tableau 20 : Catégorie C1 dans le registre graphique et C0 dans le registre verbal

Cel (3 ;8) PSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>je ne me rappelle plus.</p>


2) Dans le tableau 21, l'enfant nomme l'ombre avec deux propriétés ; ceci nous permet de le classer dans la catégorie C2 qui traduit un traitement intraobjectal. Au plan graphique, trois éléments sont présents : l'objet, l'ombre et la source lumineuse (soleil). La relation entre les éléments étant exprimée de façon incorrecte, il s'agit d'une production quasi-interobjectale (C3). Ainsi, le niveau de traitement du réel est plus performant (+1 catégorie) dans la modalité graphique.

Tableau 21 : Catégorie C3 dans le registre graphique et C2 dans le registre verbal

Cas (3 ;6) PSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>Oui, l'ombre était blanche et petite. (C2)</p>

3) Dans l'exemple suivant (cf. tableau 22), Joy (6 ;0) fait un traitement du réel plus performant en dessin, sa production est donc classée dans la catégorie C4 interobjectale : la source lumineuse, l'objet et l'ombre sont présents. L'alignement est présenté de manière correcte. Seul le plan de projection est absent. Dans l'entretien verbal, l'enfant nomme tous les éléments mais aucune relation n'est exprimée de façon claire. Les dires de l'enfant sont encore confus. Dans la modalité verbale, il est donc classé dans la catégorie C3 quasi-interobjectale.

Tableau 22 : Catégorie C4 dans le registre graphique et C3 dans le registre verbal

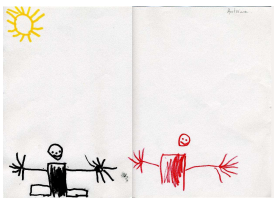
Joy (6 ;0) GSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>Quand je ne suis pas endormi je vois mon ombre, si c'est un petit peu gris on voit l'ombre sans la lumière et si c'est tout noir et il y a la lumière aussi va se faire l'ombre. Mais si c'est tout noir on ne peut pas voir. Elle est grise et quand nous on bouge un bras, elle bouge un bras. C'est comme un miroir, on voit notre corps, tout ce qu'on a, on voit nos chaussures, notre sac, tout. Elle est différente parce qu'on ne voit pas les yeux, le nez, la bouche. On a besoin des yeux, du nez, la bouche, de notre corps. On a besoin d'un petit peu de lumière, mon corps, mes habits et quelque chose qui est gris.</p>

Quand la modalité verbale montre un décalage de +2 catégories dans le traitement du réel, sur la modalité graphique

Voici un exemple dans lequel le traitement du réel présente une performance supérieure dans la modalité verbale à +2 catégories d'écart par rapport à la modalité graphique.

1) Ant (5 ;0) (cf. tableau 23) exprime clairement la formation de l'ombre en tant qu'absence de lumière (« ça cache le soleil, ça cache la lumière »), la production verbale de l'enfant est désormais une production C5 interobjectale. Par contre dans son dessin nous pouvons observer l'objet, l'ombre et la source lumineuse dans un alignement incorrect, ce qui fait état d'un traitement quasi-interobjectal (C3).

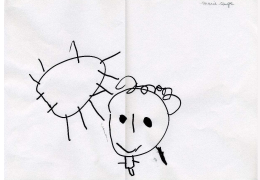
Tableau 23 : *Catégorie C5 dans le registre verbal et C3 dans le registre graphique*

Ant (5 ;0) MSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	<p>J'ai déjà vu l'ombre de nous, par exemple. Elle était comme nous. Elle était de couleur noire. Le soleil quand on est dessous de nous ça fait l'ombre, ça cache le soleil, ça veut dire cacher la lumière, par exemple il y a peut être une ombre. Où il y a l'ombre il n'y a pas de lumière.</p>

Quand la modalité graphique montre un décalage de +2 catégories dans le traitement du réel, sur la modalité verbale

Ci-après un exemple (cf. tableau 24), dans lequel Mar (3 ;8) fait un traitement plus performant dans la modalité graphique. Elle dessine l'objet et la source lumineuse (soleil), ceci nous permet de classer l'enfant dans la catégorie C2 intraobjectale. En ce qui concerne la modalité verbale, l'enfant affirme ne pas savoir ni décrire le phénomène, ni donner des éléments constitutifs de celui-ci.

Tableau 24 : *Catégorie intraobjectale (C2) dans le registre graphique et hors modèle (C0) dans le registre verbal*

Mar (3 ;8) PSM	
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
	Non

5. Conclusion

Rappelons que l'objectif de cette première étude était de construire un référentiel développemental concernant les explications des enfants de l'école maternelle à propos du phénomène physique de la formation de l'ombre. Les résultats nous ont conduits à réaliser plusieurs constats.

Les traitements observés chez les enfants plus jeunes (PSM) sont de l'ordre de la restitution de la stricte perception. Les enfants se centrent exclusivement sur les propriétés, parfois sur la localisation de l'ombre.

En ce qui concerne cette centration perceptive, qui est le premier pas dans le long chemin de la conceptualisation, nous pouvons avancer l'hypothèse que la pensée reste encore une traduction des éléments perçus. Elle ne peut pas encore établir une continuité entre les différents éléments, du fait que la centration est de caractère unidimensionnel. Les niveaux supérieurs de traitement émergent chez les enfants plus âgés où nous retrouvons des ébauches d'explications relationnelles. Une augmentation d'effectifs dans la catégorie intermédiaire (traitement quasi-interobjectal) en MSM et GSM montre qu'un début d'explications relationnelles est déjà présent. C'est un point de départ au changement, les enfants se situent dans une catégorie transitionnelle. Même avec des erreurs, nous pouvons constater que la centration

unidimensionnelle semble laisser la place à une centration pluridimensionnelle dans laquelle l'ensemble des éléments commencent à se relier, l'intention étant de former un système explicatif plus ou moins pertinent. Le niveau plus élevé de conceptualisation (interobjectif) se retrouve chez un nombre très restreint de sujets mais sa présence implique pour nous la faisabilité de ce type de traitement notamment chez les enfants de GSM.

La progression dans les traitements du réel dans les différents niveaux scolaires montre comment les connaissances, parfois inexistantes, parfois fragiles, et les explications aléatoires voire fluctuantes des enfants de PSM commencent à devenir plus élaborées, plus réfléchies chez les enfants de MSM et notamment chez ceux de GSM. Autrement dit, notre hypothèse à propos de l'évolution cognitive peut être décrite ainsi : au départ l'enfant se centre sur la dimension perceptive. Un pas de plus est réalisé quand cette centration perceptive laisse place à l'énonciation de qualités telles la transparence, l'opacité d'un objet. La décentration commence si et seulement si, l'enfant est capable de poursuivre le chemin emprunté (les connaissances sensibles sont nécessaires mais pas suffisantes) en retrouvant de nouveaux passages qui convergent à un point qui est celui des relations. Ici, à la dimension perceptive s'ajoutent la dimension relationnelle (tous les éléments sont solidaires entre eux afin de créer un système) et la dimension interactionnelle (chaque élément interagit avec l'autre : la lumière rencontre l'objet ; du fait qu'il n'est pas transparent, il empêche le passage de la lumière, donc une portion non éclairée fait surface : « l'ombre »). La mise en place de la dimension perceptive est tirée de l'expérience sensible, donc plus simple à maîtriser, les deux autres dimensions impliquant une construction en pensée semblant plus difficiles à atteindre.

CHAPITRE 6. REFERENTIEL DEVELOPPEMENTAL : ECOLE PRIMAIRE¹²

Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous présentons les données relatives à l'évolution de l'explication de la formation des ombres à l'école primaire (du CP au CM2).

1. Introduction

L'objectif de l'étude est de comprendre comment évoluent les explications que les enfants de l'école primaire fournissent à propos du phénomène de la formation des ombres au cours du développement spontané. Comme il a été déjà avancé dans le chapitre 4 du mémoire, nous avons eu recours à trois modalités de réponse : verbale (V), graphique (G) et pragmatique (P).

2. Population

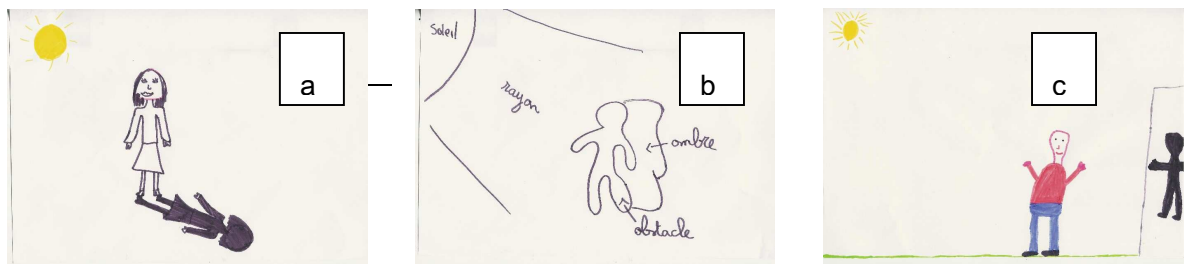
L'échantillon est composé de 195 enfants du CP au CM2.

¹² Ce chapitre s'appuie en partie sur une étude conduite en collaboration avec Olivier Villeret.

3. Traitement des données¹³

De même que pour le référentiel de l'école maternelle, les entretiens effectués dans le cadre de l'école primaire ont fait l'objet d'une étude détaillée. Tout d'abord nous avons repéré les mots et expressions utilisés par l'enfant pour décrire les différents composants : objet, source lumineuse, ombre, plan de projection et nous les avons consignés dans un tableau général. La deuxième étape a été centrée sur le repérage de l'expression de la relation entre les éléments : soit de façon isolée, soit de façon relationnelle. Finalement nous avons regardé si l'enfant verbalisait une ou plusieurs relations entre les éléments, et si ces relations étaient correctement exprimées ou de façon incomplète. Les réponses ont été codées en utilisant les mêmes grilles d'analyse que celles utilisées pour les enfants de l'école maternelle (*cf.* chapitre 4, tableau 7 p. 176).

Chaque production graphique a également été analysée. En premier lieu, nous avons repéré les éléments présents dans le dessin : ombre, objet, source lumineuse, plan de projection. Comme pour l'entretien, les éléments repérés ont été consignés dans un tableau général. La suite de notre travail a consisté à repérer les possibles relations exprimées sur le plan graphique. Pour conclure le travail de traitement des dessins, les résultats ont été confrontés à nos grilles d'analyse afin d'établir la catégorie d'appartenance de chaque enfant dans ce registre. Nous présentons ci-après quelques exemples :



¹³ Toutes les données concernant la population de l'étude, les productions des enfants puis les tableaux généraux peuvent être consultés dans le CD ROM Référentiel Ecole Primaire.

Figure 17 : Exemples de traitement relationnel correct du phénomène de la formation des ombres au plan graphique

Dans les exemples proposés dans la figure 17, nous pouvons observer trois cas de traitement spatial relationnel correct. Tous les éléments constitutifs du phénomène sont présents dans le dessin et leur positionnement dans l'espace graphique montre la possibilité de tracer une ligne imaginaire en les mettant en relation les uns par rapport aux autres (même alignement).



Figure 18 : Exemples de traitement relationnel incorrect du phénomène de la formation des ombres au plan graphique

Dans les exemples présentés dans la figure 18, nous pouvons observer trois cas de traitement relationnel spatial incorrect. Trois éléments constitutifs du phénomène sont présents dans les dessins et le positionnement dans l'espace graphique montre une erreur dans la mise en relation : l'ombre est positionnée entre la source lumineuse et l'objet (erreur dans le positionnement d'un élément, des décalages importants s'observent dans les alignements, etc.).

Dans le dessin **d)**, la source lumineuse allume l'ombre, il est de même dans le **f)** ; dans le **e)** le positionnement soleil-ombre-objet est incorrect.

A la suite du traitement des productions verbales et du dessin nous avons fait de même avec chaque montage. Nous avons consigné la présence d'éléments constitutifs du phénomène, ainsi que le positionnement des éléments, les uns par rapport aux autres afin d'apprécier si les relations exprimées dans l'espace étaient correctes ou incorrectes. Voici quelques exemples afin d'illustrer ce point.



Photo 2 et Photo 3 : Exemples dans le montage de traitement relationnel correct



Photo 4 et Photo 5 : Exemples dans le montage de traitement relationnel incorrect

Les données concernant tous les montages ont été confrontées à notre grille d'analyse, afin d'établir ainsi la catégorie d'appartenance de chaque enfant dans le registre

pragmatique. Une fois toutes les données recueillies dans les trois modalités, nous avons confronté les différents codages pour établir une catégorie globale dont nous rendrons compte en énonçant ses avantages et inconvénients lors des analyses qualitatives. Toutes les productions des enfants ont fait l'objet d'un double codage¹⁴. Les cas de désaccord inter-juges (environ 5%) ont fait l'objet d'une discussion jusqu'à l'aboutissement d'un accord, ce qui a permis de préciser les critères de catégorisation.

4. Résultats et analyses

La même procédure que dans le référentiel développemental de l'école maternelle est utilisée concernant les résultats et les analyses dans notre référentiel de l'école primaire. Pour rappel nous dirons que deux types d'analyses seront proposés : quantitative et qualitative.

4.1. *Évolution des réponses du CP au CM2*

Dans ce point nous proposons une analyse de l'évolution de réponses des enfants par catégories : intraobjectales (C1 et C2), quasi-interobjectales (C3) et interobjectales (C4 et C5) par registre d'expression.

Évolution des réponses intraobjectales du CP au CM2 dans la modalité verbale

Nous commençons notre analyse avec les résultats obtenus dans la modalité verbale (*cf.* figure 19). Un nombre infime d'enfants de l'échantillon ne s'exprime pas ou ne connaît pas

¹⁴ Nous remercions Olivier Villeret, Maître de Conférence en Sciences Physiques d'avoir bien voulu prêter son concours à un travail fastidieux.

du tout le phénomène (6% en CP et CE1). La distribution des enfants, dans les catégories qui traduisent un traitement intraobjectif du phénomène physique, montre un effet développemental avec quelques points de discontinuité. Les résultats sont presque équivalents en CP (32%) et en CE1 (36%), une diminution apparaît ensuite en CE2 (29% de l'échantillon fait partie de cette catégorie). Puis seulement 6,25% des enfants de CM1 se trouvent dans cette catégorie. Nous remarquons enfin une très légère augmentation en CM2, classe dans laquelle les effectifs atteignent 9% dans le traitement intraobjectif.

Évolution des réponses quasi-interobjectales du CP au CM2 dans la modalité verbale

Si nous regardons les résultats de la catégorie C3, celle qui traduit un traitement quasi-interobjectif, c'est-à-dire notre catégorie de transition entre l'intra (traitement discontinu du réel) et l'interobjectif (traitement relationnel du réel) nous remarquons que, en CP, 32,35% de l'échantillon fait partie de cette catégorie. Une diminution est constatée en CE1 avec 15,5% de l'échantillon dans cette classe d'âge, une légère augmentation en CE2 avec 26,5%, pour continuer avec une diminution importante en CM1 à hauteur de 10,4% de l'échantillon. Nous assistons en CM2 à la disparition totale de cette catégorie, puisque aucun effectif n'a été comptabilisé.

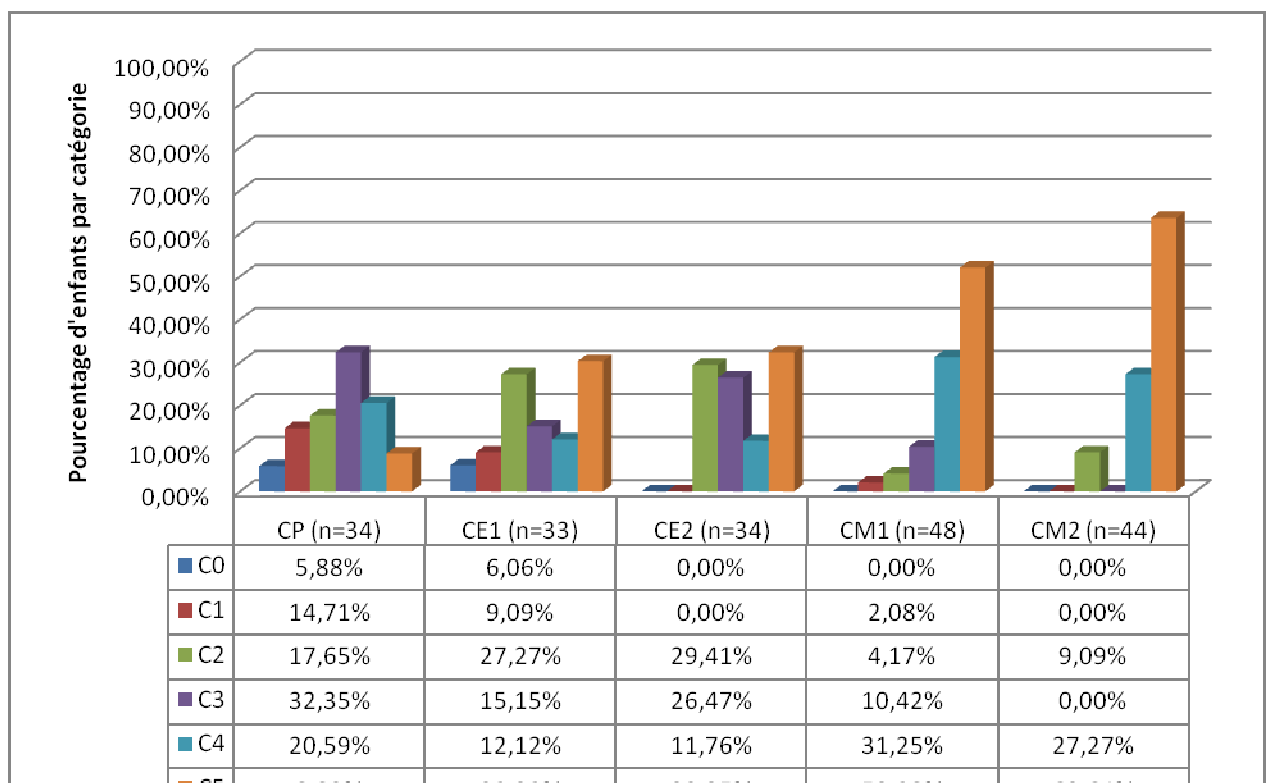


Figure 19 : Résultats concernant la modalité verbale, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

Évolution des réponses interobjectales du CP au CM2 dans la modalité verbale

Enfin, les catégories interobjectales (C4 et C5) montrent un effet développemental notoire : 29,4% en CP, 42,4% en CE1, 44% en CE2 et en CM1 et CM2 83,3% et 91% respectivement.

Nous pouvons faire trois constats : le premier a trait aux enfants du CP dont un pourcentage se trouve dans la transition entre l'intraobjectal et l'interobjectal, le deuxième constat pour les enfants de CE2, dont la moitié de l'échantillon bascule vers un traitement relationnel du phénomène. Nous trouvons le troisième constat intéressant dans les résultats de CM2 : soit les enfants basculent massivement vers le traitement interobjectal, soit celles ou ceux qui n'atteignent pas ce stade restent dans un traitement intraobjectal.

Évolution des réponses intraobjectales du CP au CM2 dans la modalité graphique

Les résultats observés dans la modalité graphique (*cf.* figure 20) montrent tout d'abord que seulement 3% des enfants du CP ne connaissent pas le phénomène. En ce qui concerne les catégories intraobjectales, plus de la moitié de l'échantillon en CP appartient à cette catégorie (59%), 42,4% en CE1, une importante diminution se traduit dans les résultats en CE2 (22,2%), et cette tendance se renforce en CM1 avec seulement 4% de l'échantillon de

cette classe d'âge. En CM2, nous constatons une légère augmentation avec 9%.
Néanmoins les résultats en CM2 sont nettement inférieurs à ceux du CE2.

Evolution des réponses quasi- interobjectales du CP au CM2 dans la modalité graphique

La distribution des pourcentages dans la catégorie C3 (traitement quasi-interobjectal) est la suivante : en CP 24%, en CE1 18,2%, en CE2 16,7%, une augmentation a lieu en CM1 (21% de l'échantillon) puis une diminution en CM2 avec seulement 4,4%.

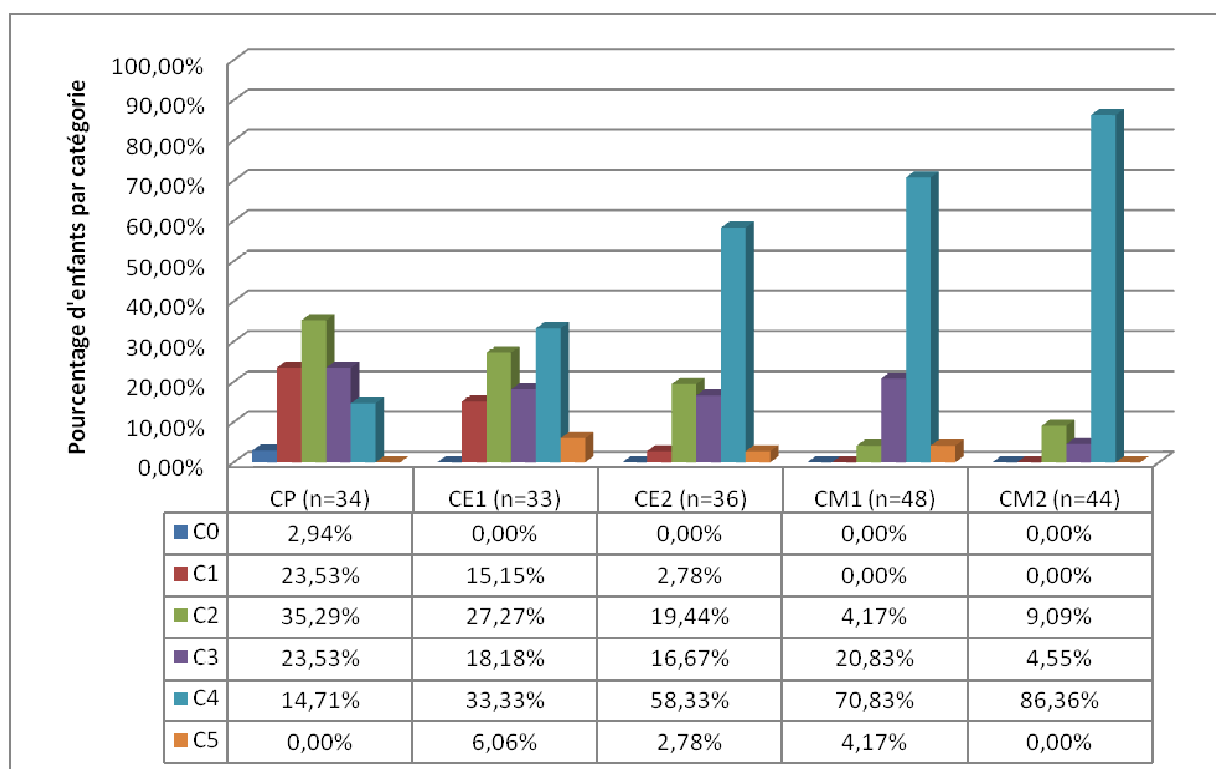


Figure 20 : Résultats concernant la modalité graphique, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

Evolution des réponses interobjectales du CP au CM2 dans la modalité graphique

Ce type de réponses est représenté dans l'échantillon du CP à hauteur de 14,7%, en CE1 par 39,4%, en CE2 à hauteur de 61,1% et en CM1 et CM2 à 75% et 86,4% respectivement.

En résumé, deux constats nous semblent intéressants : 59% des enfants de CP sont dans un traitement intraobjectal. Ceci montre bien que les difficultés à travailler sur le plan graphique, ne sont pas encore tout à fait résolues à cet âge là. Puis il semble que tout bascule en CE2, puisque plus de la moitié des enfants de cette classe d'âge accède à une explication interobjectale.

Évolution des réponses intraobjectales du CP au CM2 dans la modalité pragmatique

Dans la figure qui suit (*cf.* figure 21), nous trouvons les résultats de la modalité pragmatique. Seulement deux classes, CP à hauteur de 9% et CE1 à hauteur de 3%, appartiennent à la catégorie CO (hors modèle). En outre, nous constatons que le pourcentage d'enfants du CP dans le traitement intraobjectal (C1 et C2) est de 41%, celui en CE1 s'élève à 36%, et en CE2 à 22%. Une importante diminution dans le pourcentage d'effectifs appartenant à cette catégorie est à signaler en CM1 : 8,3% et en CM2 à hauteur de 13,6%.

Évolution des réponses quasi-interobjectales du CP au CM2 dans la modalité pragmatique

La catégorie intermédiaire C3 est représentée dans notre référentiel développemental de la façon suivante : 32,35% en CP, 30, 3% en CE1, 27,8% en CE2, 22,9% en CM1 et à hauteur de 11,4% en CM2.

Évolution des réponses interobjectales du CP au CM2 dans la modalité pragmatique

Le traitement interobjectif se traduit dans les différentes classes de la manière suivante : il est de 17,65% en CP, 30,3% en CE1, il augmente considérablement en CE2 avec 50% de l'échantillon, pour continuer à évoluer en CM1 (68,75%) et en CM2 (75%).

Quelques points peuvent être mis en avant : en premier lieu nous observons une concentration de presque la moitié des effectifs du CP dans un traitement intraobjectif, en deuxième lieu nous constatons que c'est en CE2 que 50% de l'échantillon bascule vers le traitement interobjectif (relationnel). En troisième lieu, nous mettons en avant la concentration non négligeable d'enfants dans la catégorie quasi-interobjectifale du CP jusqu'au CM2. C'est seulement en CM2 que se produit une diminution considérable à 9,9% de l'échantillon.

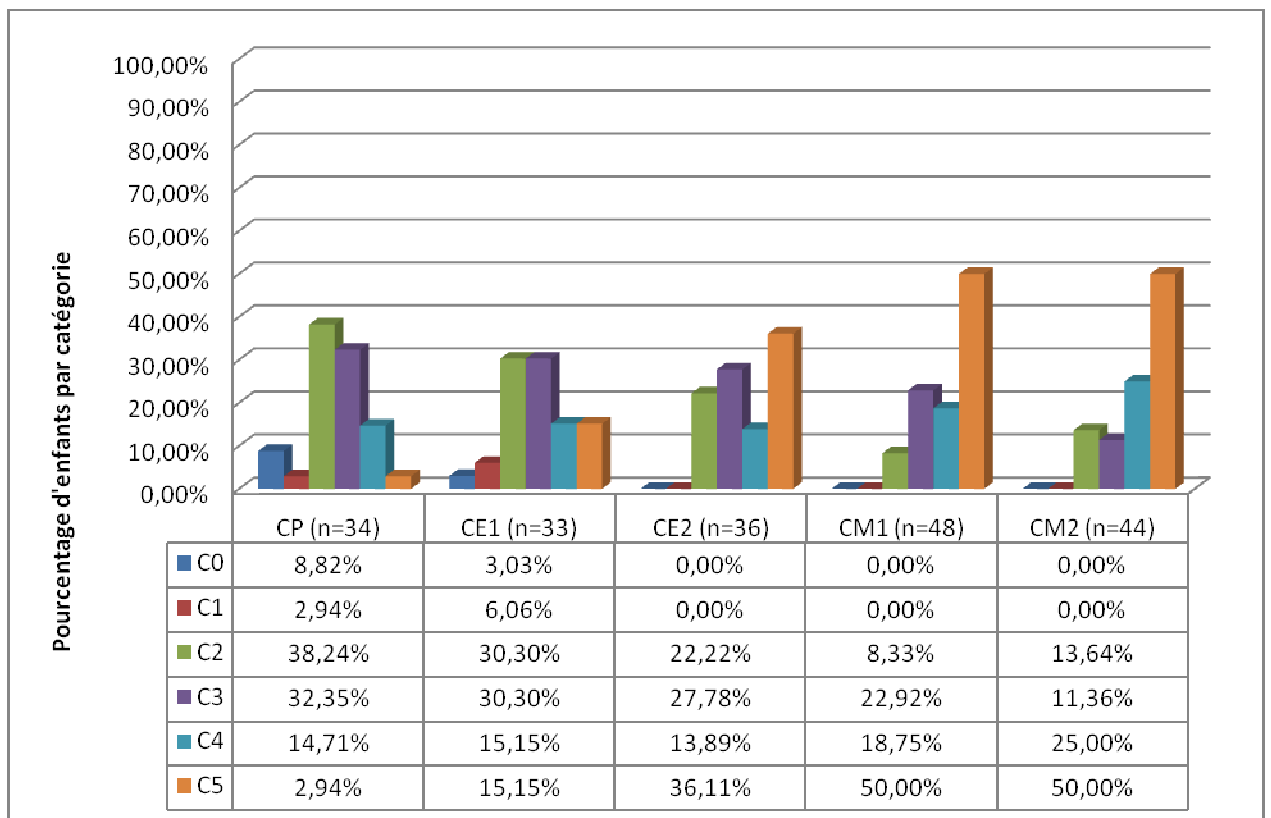


Figure 21 : Résultats concernant la modalité pragmatique, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectif), C3 (traitement quasi-interobjectif), C4 et C5 (traitement interobjectif)

Patterns de réponses

Dans ce point, nous allons étudier les différents patterns de réponses des enfants dans le traitement du réel par niveau scolaire (CP, CE1, CE2, CM1 et CM2). Pour ce faire, nous introduisons ci-après un tableau récapitulatif des données recueillies (*cf.* tableau 25) ainsi que la liste de patterns :

- Même catégorie de traitement du réel dans les trois registres : VPG
- Une modalité domine sur les deux autres à catégorie égale et inférieur à la catégorie de la modalité dominante : V-GP, G-VP, P-VG.
- Deux modalités dominant à catégorie égale sur la troisième modalité, celle-ci traduisant une catégorie inférieure à celle des modalités dominantes : VG-P, VP-G, GP-V.
- Catégories différentes de traitement du réel dans chaque modalité (de la plus performante à la moins performante selon les différentes modalités) : V-G-P, G-V-P, P-G-V, V-P-G, G-P-V, P-V-G.

Dans le pattern VGP (traitement du réel homogène), nous retrouvons le classement suivant : les CM1 avec 25% suivis des CP avec 20,59%. Font suite les CM2 à hauteur de 20,45% et enfin les CE2 à 13,89%. Seulement 9% des enfants de CE1 privilégient ce type de traitement.

Il semblerait que l'utilisation des trois registres d'expression de manière homogène apparaisse sur les différents niveaux scolaires pour presque un quart des échantillons (sauf pour les CE1).

Les patterns de traitement du réel hétérogène les plus représentés sont : V-GP et P-VG. Le pattern V-GP est représenté comme suit : 18,18% en CM2, 15,15% en CE1 et 11,76% en

CP. L'utilisation de la modalité verbale semble plus facile et plus performante dans ces trois niveaux scolaires ; par contre pour les CE2 il semblerait que l'utilisation de l'expression graphique : G-VP, avec un score de 11,11% soit mise en avant. En ce qui concerne le pattern à suprématie pragmatique : P-VG, les résultats mettent en évidence que les CE2 sont plus performants dans ce type d'utilisation à hauteur de 22,22%. Viennent ensuite, les CE1 à hauteur de 15,15%, les CP à 14,71% et en dernier lieu, les CM1 à 10,42%.

En ce qui concerne le pattern hétérogène VG-P , un seul niveau de classe fait une utilisation significative : les CE2 à hauteur de 11,11%. Par contre pour le pattern VP-G quatre niveaux scolaires sont à prendre en compte : en premier lieu les CM2 avec 40,91% suivis par les CM1 à hauteur de 39,58% de l'échantillon puis les CE2 à 30,55%, pour terminer avec les CE1 (18,18%).

Tableau 25 : *Patterns de réponses dans l'ensemble de l'échantillon de l'école primaire (CP, CE1, CE2, CM1 et CM2) -pourcentage et effectifs entre parenthèses-*

Descriptif du pattern	Abréviation pattern	CP (n= 34)	CE1 (n= 33)	CE2 (n= 36)	CM1 (n= 48)	CM2 (n= 44)
Pattern de réponse homogène [111]	VPG	20,6% (7)	9% (3)	13,9% (5)	25% (12)	20,45% (9)
Pattern de réponse hétérogène [1- 2- 3]	V-G-P	11,8% (4)	6,1% (2)	2,8% (1)	8,3% (4)	9% (4)
Pattern de réponse hétérogène [1- 2- 3]	G-V-P	2,9% (1)	3% (1)	2,8% (1)	0% (0)	0% (0)
Pattern de réponse hétérogène [1- 2- 3]	P-G-V	5,9% (2)	3% (1)	0% (0)	0%(0)	0%(0)
Pattern de réponse hétérogène [1- 2- 3]	V-P-G	8,8% (3)	3% (1)	2,8% (1)	0% (0)	0%(0)
Pattern de réponse hétérogène [1- 2- 3]	G-P-V	0% (0)	3% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Pattern de réponse hétérogène [1- 2- 3]	P-V-G	0% (0)	0% (0)	0% (0)	2,1% (1)	0% (0)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale [1- 2 2]	V-GP	11,8% (4)	15,15% (5)	0% (0)	4,2% (2)	18,2% (8)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie pragmatique [1- 2 2]	G-VP	2,9% (1)	6,1% (2)	11,1% (4)	2,1% (1)	2,3% (1)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie graphique [1- 2 2]	P-VG	14,7% (5)	15,15% (5)	22,2% (8)	10,4% (5)	9% (4)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbale et pragmatique [1 1- 2]	VG-P	2,9% (1)	9% (3)	11,1% (4)	6,25% (1)	0% (0)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie verbal et graphique [1 1- 2]	VP-G	8,8% (3)	18,2% (6)	27,8% (10)	39,6% (19)	41% (18)
Pattern de réponse hétérogène à suprématie pragmatique et graphique [1 1- 2]	GP-V	8,8% (3)	9% (3)	5,6% (2)	2,1% (1)	0% (0)

Maintenant si nous regardons les résultats de chaque classe en particulier, nous pouvons observer qu'en CP se détachent nettement, les modalités verbale et pragmatique, patterns : V-GP, P-VG. En CE1, nous pouvons faire le même constat. Par contre, trois types de patterns sont concernés au lieu de deux : V-GP, P-VG et VP-G. Chez les CE2, les modalités pragmatique et verbale se détachent : patterns P-VG (22,22%), VP-G (27,78%). Quant aux CM1, les modalités les plus utilisées sont la modalité verbale et la modalité pragmatique, les patterns concernés étant : P-VG à hauteur de 10,42% et surtout le pattern VP-G avec un taux qui atteint presque la moitié de l'échantillon : 39, 58%. Nous finalisons cette série d'analyses avec les effectifs de CM2. De même que pour les CM1 les deux modalités qui se détachent sont la verbale et la pragmatique, dans les patterns V-GP à 18,18% et dans le pattern VP-G à hauteur de 40,91%.

A titre de bilan provisoire, nous pouvons faire l'hypothèse que les modalités privilégiées dans le traitement du réel sont la verbale et la pragmatique. Nos hypothèses concernant la modalité graphique « s'évanouissent » peu à peu. Nous avons pensé que le fait d'introduire le dessin pourrait aider les enfants à représenter le phénomène. Apparemment les difficultés liées au graphisme ont eu raison de notre hypothèse.

Il nous semble important de signaler que cette première approche, dans l'analyse des patterns, fait état de toutes les catégories confondues. Une analyse qualitative plus approfondie sera effectuée plus avant afin de déterminer si ces traitements font état d'une approche de type intraobjectal, quasi-interobjectal ou interobjectal dans le but de connaître la qualité de cette évolution à l'échelle développementale.

4.2. Analyse qualitative

Dans cette partie des analyses nous proposons une étude qualitative des patterns de réponse des enfants puis, des études de cas, afin d'illustrer la stabilité des réponses dans les trois registres d'expression ou selon les cas l'hétérogénéité du traitement.

Analyse qualitative des patterns de réponses

Comme avancé lors des analyses quantitatives, nous allons nous attacher, dans cette partie évaluative de l'étude à regarder en profondeur la qualité du traitement véhiculée par les différents patterns selon le niveau scolaire. Pour cela nous introduisons ci-après le tableau 26 qui fait état du niveau de traitement du réel, en termes de catégories (de l'intra à l'interobjectale) à propos des productions dans les différentes modalités d'expression qui constituent les patterns.

Nous pouvons faire plusieurs constats et ceci en prenant en compte les six patterns de réponse les plus utilisés par les enfants : VP-G, VGP, P-VG, V-GP, V-G-P, VG-P.

a) Pattern de réponse VP-G (56 enfants sur 195)

Nous avons observé quatre traitements de l'ordre de l'intraobjectal (2 en CP, 1 en CE1 et 1 en CE2) ; un quasi-interobjectal (CE1) puis cinquante et un traitements dans les catégories interobjectales (1 en CP, 4 en CE1, 9 en CE2, 19 en CM1 et 18 en CM2)

b) Pattern de réponse VGP (36 enfants sur 195)

Nous avons observé neuf traitements de l'ordre de l'intraobjectal (3 en CP, 1 en CE1, 1 en CE2, 1 en CM1 puis 3 en CM2), dix correspondant au quasi-interobjectal (3 en CP, 3 en CE2 et 4 en CM1) puis 17 relevant du traitement interobjectal (1 en CP, 2 en CE1, 1 en CE2, 7 en CM1 et 6 en CM2).

c) Pattern de réponse P-VG (27 enfants sur 195)

Nous avons observé 13 traitements de l'ordre de l'intraobjectal (3 en CP, 4 en CE1, et 6 en CE2), 3 du type quasi-interobjectal (1 en CP, 1 en CE1 puis 1 en CM1) et 11 de l'ordre de l'interobjectal (1 en CP, 1 en CE1, 2 en CE2, 4 en CM1 et 4 en CM2).

d) Pattern de réponse V-GP (19 enfants sur 195)

Nous avons observé un seul traitement intraobjectal (en CE1), huit du type quasi-interobjectal (2 en CP, 2 en CE1, 1 en CM1 puis 3 en CM2) et dix de l'ordre de l'interobjectal (2 en CP, 2 en CE1, 1 en CM1 et 5 en CM2).

e) Pattern de réponse V-G-P (15 enfants sur 195)

Nous avons observé quatre traitements du type intraobjectal (en CP), puis onze de type interobjectal (2 en CE1, 1 en CE2, 4 en CM1 et 4 en CM2).

Tableau 26 : *Tableau récapitulatif des résultats de patterns de réponse selon les niveaux scolaires avec le nombre des productions par niveau de traitement (C0 : hors modèle ; C1 et C2 : intraobjectal ; C3 : quasi-interobjectal ; C4 et C5 interobjectal)*

Niveau de classe	Catégorie du traitement	Patterns de réponse												
		GP-V	G-P-V	G-VP	G-V-P	P-G-V	P-VG	P-V-G	VGP	VG-P	V-GP	V-G-P	VP-G	V-P-G
CP	C0													
	C1					2	2					2		
	C2	3					1		3			2	2	
	C3			1	1		1		3	1	2			1
	C4						1		1		1		1	2
	C5										1			
CE1	C0													
	C1					1			1		1			
	C2	2		1			4			1			1	
	C3	1	1	1			1			1	2		1	
	C4				1				1	1		1		
	C5								1		2	1	4	1
CE2	C0													
	C1													

	C2			2			6		1				1	
	C3			2	1				3	2				
	C4	1					2		1	2				
	C5	1										1	9	1
CM1	C0													
	C1													
	C2	1		1					1					
	C3						1		4		1			
	C4						4	1	6	2	1		1	
	C5								1	1		4	18	
CM2	C0													
	C1													
	C2			1					3					
	C3										3			
	C4						4		6			1		
	C5										5	3	18	
Total (toutes catégories)		9	1	9	3	3	27	1	36	11	19	15	56	5

f) Pattern de réponse VG-P (11 enfants sur 195)

Nous avons observé un seul traitement de l'ordre de l'intraobjectal (en CE1), quatre du type traitement quasi-interobjectal (1 en CP, 1 en CE1 et 2 en CE2) puis six traitements du type interobjectal (1 en CE1, 2 en CE2 et 3 en CM1).

En résumé nous pouvons faire plusieurs constats d'après les données analysées. Lors du bilan provisoire, dans l'analyse quantitative des patterns de réponses, nous avons avancé que, les modalités verbale et pragmatique étaient les modes d'expressions privilégiés par les enfants, afin d'expliquer le réel physique.

Au plan qualitatif les six patterns privilégiés par les enfants pour expliquer le réel traduisent dans les niveaux scolaires CP, CE1 et CE2 des traitements intraobjectaux. Ceci ne s'observe pas dans les niveaux CM1 et CM2 (une seule exception est celle du pattern VGP et G-VP en CM2 où certaines productions sont encore dans ce niveau de traitement de base). Nous avons observé des traitements intermédiaires de l'ordre du quasi-interobjectal et ce dans les patterns suivants : VGP, P-VG, V-GP dans tous les niveaux scolaires. Les traitements interobjectaux se retrouvent dans les six patterns notamment dans les niveaux scolaires les plus élevés : CM1 et CM2 mais pas exclusivement puisque un nombre considérable d'enfants de CE1 et CE2 ont accès à ce type de traitement. Ceci montre l'intérêt de prendre en compte un travail d'analyse relationnelle entre les trois modalités d'expression.



**Analyse qualitative des productions des enfants dans les trois registres d'expression,
études de cas**

L'analyse des cas présentés ci-après, explicite les conceptualisations véhiculées par les productions des enfants dans les trois registres d'expression. Ces conceptualisations s'avèrent souvent identiques sur les trois plans (ce qui laisse penser que l'enfant dispose d'un système de représentation stable), et parfois différente. Dans ce dernier cas, les informations complémentaires données par les trois registres traités de façon concomitante, permettent de cerner la catégorie globale définitive d'appartenance de l'enfant.

Des représentations exprimées identiques pour les trois registres d'expression

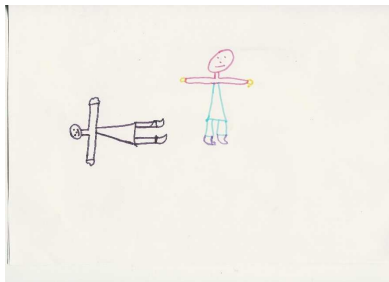

Nous introduisons, ci-après, quelques exemples à propos des différentes catégories du traitement du phénomène physique de la formation des ombres. Ces exemples montrent l'homogénéité du traitement du réel, chez certains enfants, dans les trois registres.

Tableau 27 : *Catégorie 1 dans les trois registres (Pattern VPG)*

Cam (7 ;4) CE1		
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
		Il faut du soleil, de la lumière et l'ombre. Je ne sais pas.

Voici un cas concernant la catégorie 1 intraobjectale (*cf.* tableau 27). Nous pouvons observer chez Cam CE, l'homogénéité concernant les trois modalités. Dans le dessin et le montage seul l'objet est présent, ceci permet de classer l'enfant dans notre catégorie C1 intraobjectale. En ce qui concerne le langage, elle nomme seulement un composant, ce qui la classe également dans notre catégorie 1 (C1).

Tableau 28 : *Catégorie 2 dans les trois registres (Pattern VPG)*

Gwen (9 ; 11) CM1		
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
		J'ai vu mon ombre le 10 Janvier, elle était avec un pantalon, elle n'était pas vraiment comme moi, mais elle avait les manches courtes. Je ne sais pas de quoi on a besoin pour faire l'ombre.

Les productions reproduites dans le tableau 28 illustrent un traitement du réel intraobjectal du type catégorie 2 (C2). Le dessin représente l'objet et l'ombre, ce qui est confirmé par le montage. En ce qui concerne le registre verbal, Gwe nomme un élément constitutif du phénomène et une propriété intrinsèque, ce qui la classe aussi dans la catégorie 2 (C2).

Tableau 29 : *Catégorie 3 dans les trois registres*

Oph (8 ;7) CE2

Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
		<p>Le soleil crée l'ombre... il donne quelque chose pour créer.</p> <p>Le soleil donne la lumière à l'ombre</p>

Un exemple dans la catégorie 3 (C3), celle qui implique un traitement quasi-interobjectif est donné dans le tableau 29. Dans l'expression graphique de Oph, nous observons le soleil, l'objet et l'ombre, mais, il n'y a pas de continuité entre les éléments et l'ombre présente des détails. L'appartenance de cet enfant à la catégorie 3 (C3) est confirmée par le montage (lampe, chat et ombre avec une continuité entre les trois composants, mais dans un alignement imparfait : la lampe est mal positionnée, elle éclaire l'ombre). Le langage confirme cette catégorisation, ainsi que notre analyse à propos de la modalité pragmatique: «Le soleil donne la lumière à l'ombre».

Le tableau 30 présente les productions de Ben (6 ;0), qu'appartient à notre catégorie 4 (C4) interobjectale dans les trois registres mobilisés.

Tableau 30 : *Catégorie 4 dans les trois registres*

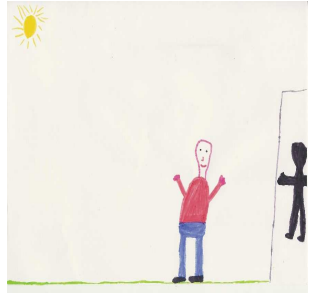

Ben (6 ;0) CP		
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
		<p>Quand on marche au soleil à la plage, j'ai vu l'ombre, elles étaient toutes noires.</p> <p>On a besoin du soleil, de ma mamie, d'un bonhomme, de la lumière. J'ai joué avec l'ombre que je voyais dans le sable.</p> <p>La lumière nous éclaire et nous on met du noir, on se met devant la lumière et on fait du noir derrière nous.</p>

Nous observons dans le dessin : le soleil, l'objet et l'ombre. Il existe une certaine continuité entre les composants, ainsi qu'un bon alignement. Dans le montage, trois éléments sont

présents : la lampe, le chat et l'ombre avec un alignement parfait, une ombre non inversée et sur plan horizontal. Verbalement, l'enfant exprime une ébauche de relation concernant la formation de l'ombre, ainsi que l'importance de la source lumineuse mais il ne va pas plus loin.

Le tableau 31, ci-après, présente un exemple de traitement homogène dans la catégorie C5. Nous remarquons dans le dessin la présence du soleil, de l'objet, de l'ombre et du plan de projection. L'alignement entre les éléments est correct. Le montage présente tous les composants avec un alignement parfait et une ombre non inversée, le positionnement de la lampe est parfait (bien dirigée). Verbalement, l'enfant nomme tous les éléments constitutifs du phénomène avec des relations topologiques exprimées clairement dès le départ du récit : « Etre à côté de la lumière. Si on se met devant la lumière, la lumière va passer à côté de nous et celle qui ne va pas passer à côté de nous, va faire l'ombre. ».

Tableau 31 : *Catégorie 5 dans les trois registres*

Adr (9 ; 1) CMI		
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
		On a besoin de la lumière, d'une personne, du sol. Il faut être à côté de la lumière. Si on se met devant la lumière, la lumière va passer à côté de nous et celle qui ne va pas passer à côté de nous va faire l'ombre. C'est nous qui ne laissons pas passer la lumière. La lumière qui ne peut pas passer reste sur le bonhomme et fait l'ombre. La lumière fait l'ombre, mais il faut quelque chose, par exemple : un arbre, il faut aussi quelque chose qui soit plat comme le sol, le mur.

Par la suite, il exprime la loi d'interposition de l'objet : « C'est nous qui ne laissons pas passer la lumière » ; pour conclure avec une explication remarquable à propos de la fonction de la lumière et de l'objet dans la construction du phénomène physique : « La lumière qui ne peut pas passer reste sur le bonhomme et fait l'ombre. La lumière fait l'ombre, mais il faut quelque chose : par exemple un arbre, il faut aussi quelque chose qui

soit plat comme le sol, le mur ». Tous les éléments traités dans l'analyse des trois registres d'expression sont en accord avec nos critères d'appartenance à notre catégorie 5 interobjectale.

Des représentations exprimées qui diffèrent en fonction des trois registres d'expression

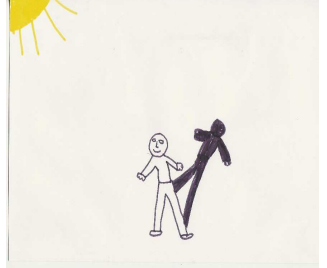

Nous présentons ci-après une série d'analyses effectuées sur quelques exemples de traitement du réel hétérogène.

Le langage et la représentation en 3D confirme un problème de projection en 2D

Dans la production graphique d'Abe (*cf.* tableau 32), nous pouvons observer la présence du soleil, de l'objet et de l'ombre, puis une continuité objet-ombre qui traduit une relation clairement exprimée au plan graphique. Cependant, aucun élément ne nous permet d'affirmer si l'alignement source-objet-ombre est correct (catégorie C3, quasi-interobjectale). Le montage traduit un traitement interobjectal (C5), tous les éléments sont présents dans la réalisation de l'enfant : source-objet-ombre ainsi que l'expression d'une continuité entre eux, puis un alignement parfait avec une source lumineuse bien dirigée et une ombre de type non inversée. Verbalement, l'enfant nomme les éléments constitutifs du phénomène et, dès le départ de son récit, commence à établir des relations topologiques de façon très explicite « besoin du soleil, d'une personne devant le soleil, pour que ça fasse de l'ombre derrière ». Puis il explique la loi d'interposition : « Il faut une personne devant le soleil parce que la personne produit de l'ombre derrière elle. Le soleil ne peut pas passer à travers moi, il passe par la vitre parce que la vitre est transparente ». D'après nos critères, Abel appartient, concernant la modalité verbale, à notre catégorie C5, interobjectale.

Tableau 32 : *Modalité graphique, pragmatique et verbale chez Abe (10 ;3) CM2 (Pattern VP-G)*

Abe (10 ; 3) CM2		
Modalité graphique	Modalité pragmatique	Modalité verbale
Dessin à 2 dimensions	Montage 3 dimensions	Déclaratif

		<p>Des fois, quand on marche, l'ombre est derrière et quand on recule elle est devant. On a besoin du soleil, d'une personne devant le soleil, pour que ça fasse de l'ombre derrière. Il faut une personne devant le soleil parce que la personne produit de l'ombre derrière elle.</p> <p>Le soleil, quand il brille, éclaire le corps et derrière fait l'ombre.</p> <p>Le soleil ne peut pas passer à travers moi, il passe par la vitre parce que la vitre est transparente.</p>
---	---	---

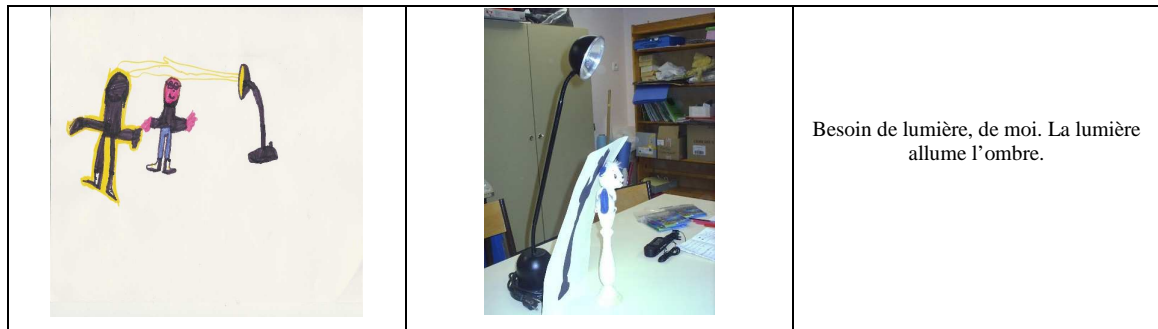
Compte tenu des éléments mis en avant par le montage et l'entretien, nous pouvons conclure, à propos de l'expression graphique, à un problème qui ne relève pas de la méconnaissance des relations topologiques nécessaires à la formation de l'ombre, mais d'un obstacle posé par la projection en 2D. Abe peut donc être classé dans la catégorie interobjectale (C5) en tant que catégorie globale.

Le langage confirme un problème de projection en 2 et 3 D, dû à une conception erronée de la formation du phénomène

Le tableau 33 récapitule les productions de Jus (9 ;4). Dans les deux productions, graphique et pragmatique, la relation exprimée dans les deux cas est de l'ordre : source-ombre-objet et non pas: source-objet-ombre.

Tableau 33 : *Modalité graphique, pragmatique et verbale chez Jus (9 ;4) CMI*

Jus (9 ;4) CMI		
Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif



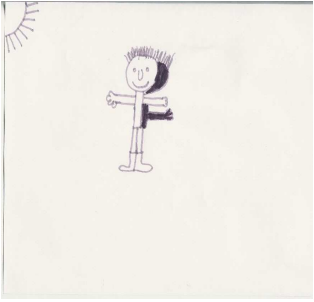

Dans le dessin, en dehors de cette configuration particulière de la relation qui témoigne d'un alignement imparfait, nous n'observons pas de continuité entre l'objet et l'ombre. On observe la présence de la couleur jaune autour de l'ombre et des rayons lumineux passent au-dessus de l'objet. Dans le montage, nous pouvons percevoir une continuité entre les trois composants, avec l'ombre non inversée par rapport à l'objet et sur un plan vertical. Verbalement, l'enfant exprime clairement le modèle cognitif qui explique cette inversion topologique : « La lumière allume l'ombre ».

Aucun doute ne peut subsister concernant le traitement erroné et c'est le langage qui confirme la conception du phénomène que l'on peut inférer des productions 2D et 3D. Par conséquent, cet enfant est classé dans la catégorie 3 : quasi-interobjectale.

Quand le langage témoigne qu'un montage en 3 D peut conduire à sous évaluer un enfant

Le dernier exemple est assez inattendu (*cf.* tableau 34). Si l'on analyse attentivement le dessin, l'entretien et la configuration du montage de l'enfant, nous pouvons faire plusieurs constats. Le dessin traduit la présence du soleil, de l'objet et de l'ombre, il y a une continuité objet-ombre et un alignement entre la source, l'objet et l'ombre. Le plan de projection étant implicite, nous supposons que cet enfant appartient à la catégorie 4 (interobjectale).

Tableau 34 : *Modalité graphique, pragmatique et verbale chez Ale (10 ;9) CM2*
Ale (10 ;9) CM2

Modalité graphique Dessin à 2 dimensions	Modalité pragmatique Montage 3 dimensions	Modalité verbale Déclaratif
		<p>Il faut du soleil. Il faut que le soleil soit en face de nous et ça fait l'ombre derrière parce l'on cache le soleil.</p> <p>Pourquoi tu n'as pas pris la lumière ? J'ai pensé que la lumière est dans la pièce.</p>

Si on examine le montage, il apparaît que seuls l'objet et l'ombre sont présents, ce qui conduit à classer cet enfant dans la catégorie 2 (intraobjectale). Verbalement, l'enfant nomme les éléments constitutifs du phénomène puis il exprime clairement la loi fondamentale d'interposition source-objet : « Il faut du soleil. Il faut que le soleil soit en face de nous et ça fait l'ombre derrière parce que l'on cache le soleil ». Cela le classe dans la catégorie C5, interobjectale.

Lors de l'entretien, le chercheur s'interroge sur le décalage important entre les conceptions qu'il est possible d'inférer à partir de ces différentes productions. Elle décide donc de poser une question supplémentaire à l'enfant : « Pourquoi tu n'as pas pris la lampe pour ton montage? » L'enfant répond : « j'ai pensé que la lumière était dans la pièce ». Cette réponse nous informe du fait que l'absence de la lampe dans le montage n'est pas un problème qui relève d'une absence de conceptualisation de la source lumineuse mais un problème de compréhension de la consigne donnée. Ale peut alors être classé dans la catégorie C5 interobjectale.

5. Conclusion

Partant de l'intention de construire un référentiel développemental du phénomène de la formation de l'ombre par des enfants de l'école primaire, nous nous sommes interrogées sur les données qu'il convenait de recueillir de façon à pouvoir inférer leurs conceptions. Nous avons d'une part construit une grille d'analyse des réponses et, d'autre part, comparé les réponses en fonction des registres d'expression sollicités pour rendre compte du phénomène (explication verbale, réalisation d'un montage, dessin). La construction de la grille d'analyse s'est appuyée comme nous l'avons déjà avancé, sur un modèle très général proposé par Garcia et Piaget (1983) qui rend compte des transformations des conceptions en termes de changement de centration : centration sur les objets et leurs propriétés (approche dite « intraobjectale ») puis centration sur les relations entre les objets (approche dite « interobjectale »). Les évolutions que nous avons constatées du CP au CM2 confirment la pertinence de ce modèle. Les résultats montrent un effet développemental dans les trois registres d'expression et il semble que c'est à partir du CE2 que les traitements du réel basculent vers une approche interobjectale c'est-à-dire relationnelle.

La non concordance des réponses dans les données analysées (productions verbales, montages, dessins), pour la majorité des enfants observés, légitime qu'il soit nécessaire de diversifier les tâches proposées, comme l'a déjà suggéré Teresa Fernandez (2004). Partant d'une critique des recherches qui ne font usage que d'un seul mode de questionnement, cette auteure qui s'est intéressée aux conceptions qu'avaient les enfants de la Terre leur a demandé de fabriquer un modèle réduit de la planète, au moyen de pâte à modeler ; elle a également utilisé des petits personnages pour explorer leur connaissance de la gravité ainsi que la production de dessins. Cependant elle n'a pas

analysé les productions graphiques et langagières de manière séparée comme nous l'avons fait dans notre étude, partant de l'idée d'une unicité de la représentation quelle que soit la tâche à résoudre.

Pour notre part, il nous a semblé intéressant de comparer les niveaux de conception du phénomène que l'on peut inférer à partir des différents registres d'expression. Nous avons vu que les productions graphiques sont de moindre qualité que les montages réalisés et que les explications verbales, du point de vue du modèle scientifique que ces productions sous-tendent. Ceci conduit à s'interroger sur le statut qu'on accorde aux productions des enfants. Ou bien l'on considère qu'elles sont l'expression de leurs conceptions ce que de nombreux auteurs ne discutent pas. Dans ce cas, on comprend mal qu'elles puissent différer selon le registre d'expression sollicité, au plan intra-individuel, sauf en envisageant que ces conceptions auraient un caractère instable, ce qui ruine le concept même de conception ou représentation mentale qui suppose une certaine invariance à un moment donné du développement. Une interprétation alternative est de supposer que les productions des enfants sont déterminées à la fois par leur structure de pensée et par leur capacité à faire usage des systèmes de représentation, de communication et de production requis par les tâches. Même si l'on retient une conception cognitive représentationnelle symbolique qui postule que les représentations mentales déterminent les activités, on peut considérer que l'expression des conceptions particulières est en soi un problème qui relève de compétences spécifiques aux registres des conduites sollicités. Ainsi, pour les enfants, est-il plus facile d'expliquer au chercheur (bienveillant et attentif) les conditions de la formation des ombres que de réaliser un montage (sans être autorisé à procéder par essai et erreur) ou de se dessiner avec son ombre (pour un but non explicite, hormis répondre à la demande du chercheur). Des éléments, tel que le plan de projection, qui s'imposent lors de la réalisation d'un montage ne sont pas nécessairement représentés,

l'enfant pouvant graphiquement confondre l'ombre avec le plan de projection ou considérer que l'espace graphique fait office de plan de projection. Il en est de même pour la source lumineuse comme en témoigne le cas d'Ale présenté dans le tableau 34. Rappelons que les codes graphiques de représentation de l'espace tridimensionnel ne sont pas enseignés à l'école primaire. Les difficultés liées aux techniques graphiques ainsi que l'absence d'observation du phénomène étudié, peuvent s'avérer des obstacles à la représentation de l'ombre (Calmettes, 2000). Il se pourrait également que les formes graphiques conventionnelles familières aux enfants fassent obstacle à l'élaboration personnelle d'un dessin rendant compte de la situation évoquée. Ceci a depuis longtemps été relevé par Piaget et Inhelder (1948), notamment à propos de la manière dont les enfants représentent l'horizontalité de l'eau dans un récipient. Pour les enfants, la ligne de niveau d'eau est toujours tracée perpendiculairement aux parois du récipient qui la contient, indépendamment de l'angle d'inclinaison de celui-ci, alors même que lorsqu'on demande aux enfants de montrer avec la main le niveau de l'eau, ils fournissent une bonne réponse. Ces différentes raisons permettent d'expliquer que les dessins soient globalement d'un moins bon niveau que les autres productions.

Les cas rapportés dans ce chapitre montrent l'intérêt de disposer des réponses relatives aux trois registres d'expression, de façon à pouvoir inférer la conceptualisation qu'a l'enfant du phénomène et à pouvoir l'évaluer afin de catégoriser son niveau d'explication du réel.

CHAPITRE 7. CONCEPTION DE LA SEQUENCE D'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE A PROPOS DU PHENOMENE DE LA FORMATION DES OMBRES

Résumé du chapitre

Ce chapitre présente la description détaillée de la méthodologie de l'intervention à propos du phénomène physique de la formation des ombres.

1. Introduction

Nous avons avancé tout au début du chapitre quatre que notre test d'hypothèse procède des effets produits par l'intervention. Donc, le point qui mérite une attention particulière est bien celui de la construction de nos procédures d'apprentissage. Par conséquent, s'est imposée à nous, une réflexion approfondie sur les conditions nécessaires à l'agencement des situations didactiques, ainsi que aux choix de stratégies pédagogiques susceptibles de produire une accélération du développement cognitif. Si à l'issue de l'expérimentation nous observons des changements dans le sens d'une modification de la pensée, nous pouvons faire l'hypothèse que l'intervention y a contribué en intervenant sur les mécanismes responsables du développement. Le but de ce chapitre est de présenter les principes et l'organisation méthodologique de cette intervention de façon détaillée.

2. Etude à propos du phénomène physique de la formation des ombres

Nous rappelons que l'enjeu de notre séquence d'enseignement-apprentissage est d'initier les enfants aux démarches scientifiques dans un domaine familier (la formation des ombres) dans une perspective de développement intellectuel.

L'étude comporte trois phases : pré-test, séquence d'enseignement-apprentissage et post-test. L'intervalle entre les pré-tests et la séquence d'enseignement-apprentissage est d'environ un mois. La deuxième série d'entretiens (post-tests) a été réalisée deux mois après la fin de la séquence d'enseignement-apprentissage, laquelle s'est déroulée sur deux séances de travail de 45 minutes chacune.

Les enfants et leurs parents étaient informés de la mise en place d'une expérience innovante au sein de l'école où s'est déroulée l'étude, avec le soutien de la directrice et de l'inspectrice.

2.1. Les enfants impliqués

En ce qui concerne la sélection des enfants nous n'avons pas fait de tests préalables ; nous avons travaillé avec une classe de GSM qui, d'après les enseignants et la direction, n'avait jamais travaillé sur le phénomène scientifique ciblé.

L'échantillon est composé de 15 enfants, 8 garçons et 7 filles âgés de 5 ans 2 mois à 5 ans 10 mois au moment de l'étude, normalement scolarisés en GSM (aucun retard, aucune avance), dans une école publique de la banlieue sud de Paris. Les enfants appartiennent à des catégories socio-économiques diversifiées comme en atteste la profession des parents

(magasinier, technicien des sols, professeur, pharmacien, etc.) (*cf.* tableau 1 p. 3 du CD ROM SEA à propos du phénomène physique de la formation des ombres).

2.2. Le maître

Il est âgé de 26 ans. Après un cursus universitaire en STAPS, il s'est présenté comme candidat libre au concours d'entrée à l'IUFM d'Antony Val de Bièvre en juin 2003, où il a été reçu et a bénéficié d'une année de formation. Il a obtenu son Diplôme de Professeur des Ecoles en juin 2004. Il avait donc une expérience d'une année de pratique enseignante au moment de l'intervention. Il s'agit d'un enseignant débutant et très motivé.

2.3. Le chercheur

Le chercheur a réalisé plusieurs cursus. Elle est Professeur National Supérieur en Education Préscolaire avec une expérience de presque vingt ans en école maternelle en Argentine, elle a un Master en Sciences de L'Education et est doctorante en Psychologie du Développement Cognitif.

2.4. L'école

L'établissement dans lequel s'est déroulée la recherche est une école maternelle de la banlieue sud de Paris, école annexe à l'IUFM d'Antony Val de Bièvre dans les Hauts de Seine. La ville d'Antony est située en banlieue parisienne et se caractérise par un contraste entre deux zones géographiques distinctes : un centre ville bourgeois et un ensemble de cités HLM en périphérie.

L'établissement accueille 98 enfants répartis en quatre classes dont chacune comporte un double niveau. Cette structure est liée aux effectifs très diversifiés selon les tranches d'âge et à des choix pédagogiques de l'équipe éducative.

L'établissement scolaire se trouve au milieu de la cité Guillebaud qui vient d'être rénovée car âgée de 30 ans. Le quartier, protégé jusqu'à ces sept dernières années, subit aujourd'hui le contrecoup de la destruction du grand ensemble d'Antony, par l'arrivée de familles en grandes difficultés économiques et en détresse sociale. L'école est implantée au cœur de la cité. Ce milieu de vie n'est occupé que par les bâtiments (12 tours de 6 à 15 étages) et l'école. Le quartier est classé en zone urbaine sensible.

Sur le plan géographique, la cité est excentrée et desservie par deux lignes de bus et le RER C dont le quai jouxte la cour de récréation. Il n'y a aucun commerce à moins de 10 minutes à pied. Il n'existe aucune action culturelle définie émanant de la municipalité. Le groupe scolaire ouvre les deux bibliothèques de l'école aux enfants et aux parents tous les vendredis soirs de 16 heures 30 à 18 heures 30. De plus, l'école a créé une amicale permettant aux enfants de la cité d'avoir accès à des activités manuelles, sportives et culturelles dans une perspective de prévention des difficultés.

L'école est le seul lieu « socioculturel » permanent du quartier, et les enseignants de la Maternelle pensent qu'elle se doit de jouer son rôle, c'est-à-dire qu'il faudrait qu'elle soit à la fois un lieu d'apprentissage, un lieu de vie et un lieu d'accueil.

2.5. Les entretiens pré et post-test

La totalité de l'échantillon a été soumis à un pré-test. L'objectif étant de connaître les conceptions des enfants à propos de la formation des ombres, afin de situer leur niveau de développement. Nous allons considérer ce niveau comme étant le « niveau actuel du développement » qui sera mis en correspondance, plus tard, avec les données recueillies dans le post-test. Cette première phase permet en outre de repérer les éléments qui font obstacle, c'est-à-dire les conceptions qui posent problème pour que l'enfant puisse construire les éléments du « modèle précurseur » décrits dans le chapitre trois. Concernant

les post-tests nous avons suivi la même démarche que pour les pré-tests. Dans la mise en correspondance des pré et post-tests nous espérons rendre compte de l'incidence des activités conduites en classe sur les conceptualisations des enfants.

Registres mobilisés, questions et consignes

Comme il a été indiqué dans le chapitre quatre, nous avons mobilisé deux registres d'expression : verbal et graphique. Les questions posées aux enfants lors des pré et post-tests ainsi que les intentions qui les sous-tendent sont récapitulées dans le tableau 35. Au cours des entretiens qui sont enregistrés, les enfants disposent des feuilles A3 et de feutres de différentes couleurs (les dessins des enfants sont conservés). A la fin de l'entretien, on demande à l'enfant de dessiner sur une feuille format A3, avec des feutres mis à sa disposition (noir et couleurs). La consigne complète est la suivante : « il faut te dessiner avec ton ombre et avec tout ce dont tu as besoin pour la faire ». Cet énoncé étant complexe, nous commençons par dire à l'enfant : « maintenant il faut faire un dessin », « es-tu d'accord ? », « nous avons parlé tout à l'heure de l'ombre », « à toi de te dessiner avec ton ombre et de ne rien oublier », « il faut que tu te dessines avec ton ombre et avec tout ce dont tu as besoin pour faire ton ombre » « as-tu bien compris ?, ou tu as besoin que je t'explique ce que tu dois faire ». En proposant à l'enfant de construire un dessin représentant la formation de l'ombre, on lui impose de traiter les relations spatiales entre les éléments, ce qui permet d'observer la façon dont l'enfant s'approprie l'espace graphique et la place qu'il attribue aux éléments qui composent le phénomène physique (objet, ombre, source lumineuse et plan de projection). Les dessins des enfants sont conservés et scannés.

Tableau 35 : *Questions, objectifs et consigne lors des entretiens de pré et post-tests*

Questions	Objectif poursuivi dans la question
As-tu déjà vu des ombres ?	Introduire le thème de conversation et connaître la signification que les enfants donnent au mot ombre.
D'après toi, qu'est-ce qu'une ombre ?	L'enfant est amené à décrire l'objet, cette question nous permettra de connaître l'ensemble des propositions définitoires de l'ombre
A ton avis pour faire une ombre, de quoi a-t-on besoin? Peux-tu me dire, comment tu fais l'ombre, de quoi tu as besoin ? Si tu devais expliquer comment faire l'ombre, à un autre enfant, que lui dirais-tu ?	Celui qui questionne suggère le besoin de plus d'un élément pour former l'ombre, l'objectif de cette question est d'observer la réaction de l'enfant dans ce cas de figure.
Quelle différence y a-t-il entre toi et ton ombre ?	Celui qui questionne suggère l'existence d'une différence entre le sujet et l'ombre, l'objectif de cette question est d'étudier la réaction de l'enfant face à cette suggestion.
Consigne :	
« Il faut te dessiner avec ton ombre et avec tout ce dont tu as besoin pour la faire. »	

2.6. La séquence d'enseignement-apprentissage

La suite de l'étude a consisté en la mise en place d'un groupe expérimental (n= 15 sujets), et d'un groupe témoin ; ce dernier correspond aux sujets du référentiel développemental de l'école maternelle, niveau GSM. Délibérément nous n'avons pas choisi de mettre en place un groupe contrôle au sein de l'école, tout d'abord parce que nous disposons des données correspondantes, grâce à l'élaboration du référentiel et surtout parce que, au plan déontologique, il nous a semblé difficile de priver un groupe d'enfants d'une activité d'enseignement-apprentissage supposée être bénéfique.

Séances, activités et artefacts utilisés

Nous présentons ci-après (*cf.* tableau 36) le protocole programmé, c'est-à-dire les deux séances d'enseignement-apprentissage avec les activités qui y sont proposées.

Tableau 36 : *Protocole programmé de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène de la formation des ombres*

1 ^{ère} Séance : « De quoi a-t-on besoin pour faire des ombres ? »	2 ^{ème} Séance : « Taille et orientation de l'ombre »
<p>Activités</p> <p>1) visionnement d'un film suivi d'une discussion à propos de la formation de l'ombre</p> <p>2) activité expérimentale 1</p> <p>3) activité de formalisation 1</p>	<p>Activités</p> <p>1) activité expérimentale 2</p> <p>2) activité expérimentale 3</p> <p>3) activité de formalisation 2</p>

Plusieurs artefacts ont été réunis pour être mis à disposition des enfants (un film, des objets, des gommettes, des instruments pour écrire). Dans le tableau 37, nous faisons une présentation générale de ces artefacts, des fonctions qui leur sont assignées ainsi que leurs principales caractéristiques. Cette présentation est faite dans l'ordre de leur utilisation. Plus avant, nous ferons une présentation plus détaillée.

Tableau 37 : *Fonctions et caractéristiques des artefacts utilisés dans la séquence d'enseignement-apprentissage à propos des ombres*

Les artefacts	Fonctions	Caractéristiques
<p>Un film</p> <p>« L'ombre de petit ours » (Minarik & Sendak, 1995)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction du thème - Construire un référent empirique - Prendre conscience du phénomène de l'ombre - Découvrir les propriétés de l'ombre 	<p>Film court (6 minutes) en couleur. Le personnage central de l'histoire est un ours, d'autres personnages sont présents : ses parents et une grenouille.</p> <p>L'ombre apparaît d'une manière très visible à l'occasion d'un changement de plan. Toutes ses caractéristiques sont bien présentes sans qu'elles soient mentionnées (l'idée de l'ombre est suggérée). Le personnage central de l'histoire prend progressivement conscience du phénomène qui focalise son attention</p>
Des objets	-Réaliser des expériences	La silhouette d'un chat réalisée en bois, un verre, une pomme verte et quatre lampes de poche.
Des gommettes	-Représenter le phénomène en deux dimensions, sans avoir à prendre en charge le dessin des objets	Des gommettes de petite taille représentant des objets et placées dans des coupelles, par catégorie : une lampe, un éléphant et l'ombre de l'éléphant ; une feuille A4 pour la réalisation du collage
Des instruments pour écrire	-Représenter les connaissances acquises	Le calendrier de la classe où les enfants ont l'habitude de noter ce qu'ils ont appris, des feutres couleurs et noirs

En ce qui concerne l'organisation sociale de la séquence d'enseignement-apprentissage, il est prévu une alternance de travail collectif et individuel. Dans le tableau 38, est indiqué le type d'organisation sociale des activités. Il s'agit de favoriser les échanges entre enfants de façon à rendre explicite la diversité des points de vue et de motiver un travail commun d'élaboration d'une explication négociée et accessible à la majorité des enfants. La formalisation, *in fine* retenue, a le statut d'un savoir partagé par le groupe classe. Les productions individuelles incitent les enfants à s'investir personnellement ; elles servent aussi à l'enseignant à repérer où en est chaque enfant par rapport aux caractéristiques du modèle précurseur visé (*cf.* chapitre 3 point 4.1, p. 145).

Tableau 38 : *Type d'organisation des activités de la séquence d'enseignement-apprentissage destinée à des enfants de GSM, à propos des ombres*

Activités	Type d'organisation
Visionnage du film	Individuelle dans un contexte collectif
Discussion-débat	Collective
Prédictions	Individuelle dans un contexte collectif
Expérimentation	Collective
Formalisation 1 (dessin)	Collective
Formalisation 2 (gommettes)	Individuelle
Discussion-débat	Collective

En ce qui concerne les modes de questionnement des enfants, nous mettons en avant, la création par l'enseignant d'un espace d'échanges favorisant par son intervention la circulation de la parole. L'enseignant doit avoir à l'esprit la nécessité de favoriser les échanges entre enfants de façon à rendre explicite la diversité des points de vue et de motiver un travail commun d'élaboration d'une explication négociée et accessible à la majorité des enfants (Dumas Carré & Weil-Barais, 1998).

Les enfants sont évalués individuellement : formalisation en cours de séquence d'enseignement-apprentissage, entretiens avant et après la séquence d'enseignement-

apprentissage, puis une évaluation groupale des travaux de formalisation individuelle est réalisée à la fin de chaque séance.


Nous présentons les deux séances d'enseignement-apprentissage avec une description détaillée des activités en indiquant les raisons du choix, les objectifs poursuivis ainsi que le déroulement.

1^{ère} séance

1) Visionnement d'un film suivi d'une discussion à propos de la formation de l'ombre

Les objectifs poursuivis ainsi que le matériel utilisé sont récapitulés dans le tableau 39.

Tableau 39 : *Activité projection du film, description des objectifs et du matériel*

Objectifs	Matériel
<ul style="list-style-type: none"> - Introduire le thème de la séance ; - faire découvrir le phénomène ; - introduire les problèmes expérimentaux ; - induire une discussion débat à propos des éléments nécessaires à la formation des ombres. 	<p>Vidéo issue de la collection « <i>Petit-ours s'amuse.</i> » Il s'agit de « <i>L'ombre de petit-ours</i> », qui présente une histoire d'après les livres de Else, Minarik et Sendak, 1995.</p> 

Ce film nous a paru un inducteur intéressant pour de nombreuses raisons. Il est approprié à la Grande Section de Maternelle ; c'est un film adapté à l'univers enfantin. Les enfants s'y retrouvent comme en témoignent l'histoire et ses héros (une famille d'ours), le registre de langue (adapté aux enfants), les relations entre les personnages. C'est un film court (6 minutes) qui permet une concentration maximale des enfants. Il introduit le phénomène de l'ombre d'une manière naturelle dans l'histoire. L'ombre des personnages n'est pas visible au début de l'histoire. Elle apparaît d'une manière très visible à l'occasion d'un changement

de plan (00.19). Toutes les caractéristiques de l'ombre sont bien présentes sans que l'histoire en parle (l'idée de l'ombre est suggérée). Le personnage central de l'histoire prend conscience du phénomène un peu plus tard (01.36) et focalise son attention dessus (donc celle des enfants) ; il va nommer le phénomène un peu plus loin (03.39). Au cours du film l'ombre devient peu à peu l'élément central de l'histoire et permet aux enfants de focaliser leur attention. Le scénariste adopte, tout au long du récit, ce qu'on appelle une focalisation interne multiple, c'est-à-dire qu'un même événement ou phénomène (ici l'ombre) est évoqué plusieurs fois selon un point de vue alterné, complémentaire ou contradictoire de différents personnages (ici papa ours, petit ours, la grenouille...). Ceci est très important, pour nous, puisque ce type de focalisation peut donner ensuite matière à échange entre les enfants et l'enseignant et aussi entre les enfants. De plus, le film met en évidence des aspects physiques de l'ombre (fait appel au référent empirique des enfants ou participe à sa constitution). Que l'ombre soit statique (00.19) ou dynamique (00.25), des caractéristiques du phénomène sont observables dans le film : l'ombre est sombre voire noire, elle a la forme de l'objet, il n'y a pas de détails dans l'ombre, elle peut toucher les objets par les pieds (00.25) ou pas (00.30) selon la configuration du plan de projection, l'ombre suit le personnage. L'ombre peut se voir dans l'eau (04.07). Petit ours fait des expériences avec l'ombre (si je bouge, elle bouge avec moi 01.40, si je saute elle saute avec moi 01.54). Il fait des conjectures (« je parie que je saute plus haut que toi » 01.57). A certains moments les personnages n'ont pas d'ombre (00.00 à 00.19 ; 00.30 à 01.07). Ce qui pourrait poser un problème de cohérence peut au contraire donner lieu à un questionnement sur la nécessité d'une source de lumière. Le film induit une relation de cause à effet : il montre que lorsque le soleil disparaît, l'ombre disparaît aussi et que lorsqu'il réapparaît, l'ombre réapparaît (01.59 à 02.08). Il met en évidence que la source lumineuse nécessaire n'est pas obligatoirement le soleil (bougie dans la chambre 05.48).

Ce film constitue un bon inducteur de problématisation sur la question de l'anthropomorphisme. Il pose le problème de la nature « humaine » ou non de l'ombre. Petit ours parle à son ombre, s'intéresse à elle, la considère comme un nouvel ami (01.38), lui demande d'être polie avec la grenouille (02.34), la présente à son père comme son nouvel ami (04.33). Petit ours s'excuse d'être tombé sur son ombre et espère ne pas lui avoir fait mal (01.47). Petit ours entre dans le jeu car son ombre répond non de la tête. Petit ours demande à son ombre si elle a faim (04.18). Il demande à sa mère s'il peut l'inviter à manger (04.51). Il prend l'assiettée de soupe de son ombre (05.25) et fait dire à son ombre que oui c'est bien lui qui a le plus faim des deux (05.40). Le dialogue entre petit ours et la grenouille ouvre le débat mais ne donne pas de solution (03.39 à 04.07) : « J'ai perdu mon ombre », « On ne perd jamais son ombre », « Ca se voit que tu ne connais pas la mienne, elle me joue des tours », « Mais tu es ton ombre et ton ombre c'est toi », « Moi j'en suis pas si sûr ». Le film donne des indices, le père de petit ours aussi a un « nouvel ami » (04.41).

Pour finir cette analyse du film, nous ferons remarquer que la technique est au service du phénomène à étudier. Le film comporte des travellings¹⁵ avant (approche progressive vers un objet), des travellings verticaux¹⁶ (déplacement de bas en haut et de haut en bas le long d'un axe vertical), montrant à l'enfant, presque au même moment la disparition de l'ombre et les nuages en train de cacher le soleil, donc un phénomène de cause-effet donné à la perception immédiate. Les effets de caméra donnent aussi au récit une dynamique

¹⁵ Mouvements de caméra, prise de vue effectuée à partir d'un chariot-grue en mouvement.

¹⁶ On note aussi comme équivalent français de « follow shot » le terme travelling vertical. Dans ce cas, la caméra accompagne la montée ou la descente de l'acteur ou de l'objet.

intéressante, le champ et le contrechamp¹⁷, la plongée¹⁸ et la contre-plongée¹⁹. L'espace est une donnée objective, matérialisé par le rapport des éléments contenus dans le cadre d'image et par ceux du hors-champ, suggérés par des bruits, des voix, etc.

Déroulement de l'activité de visionnement du film

Les enfants ont été invités à résumer collectivement le film « petit ours » d'une durée de six minutes ; à la suite de la projection, les enfants et l'enseignant sont installés en demi-cercle et échangent leurs premières impressions.

L'enseignant commence par demander aux enfants si l'un d'entre eux peut raconter l'histoire. Nous attendons des échanges au sujet du thème. Dans l'éventualité où les enfants rencontrent des difficultés pour commencer à relater le film, nous mettons à disposition de l'enseignant un questionnaire pour conduire l'activité :

Qu'est-ce qui arrive à petit ours ? Qu'est ce que découvre petit ours ? D'après vous, pourquoi l'ombre de petit ours disparaît ? Pourquoi revient-elle ? Est-ce que nous pouvons parler avec notre ombre ? Est-ce que l'ombre de petit ours lui ressemble ? Pourquoi ? Est-ce qu'on peut perdre son ombre ? Pourquoi ? Pourquoi la grenouille dit à petit ours : « tu es ton ombre et ton ombre c'est toi ». Pourquoi la maman de petit ours est étonnée quand petit ours lui présente son ami ? Pourquoi l'ombre de petit ours ne mange pas ? Pourquoi y a-t-il de l'ombre en dehors de la maison et aussi à l'intérieur?

¹⁷ Prise de vue dans le sens opposé à celui d'une autre prise (champ).

¹⁸ Prise de vue où la caméra est placée plus haut que le sujet à filmer ou à téléviser. Désigne une prise de vue lorsque l'axe optique est dirigé en dessous de l'horizontale.


La caméra braquée au-dessus du sujet le prend de haut en bas.

¹⁹ Prise de vue où la caméra est placée plus bas que le sujet à filmer. Angle de prise de vue orienté selon un axe dirigé de bas en haut. Mouvement de la caméra qui consiste à prendre le sujet de bas en haut.

2) Activité expérimentale 1 : expérimentation avec différents objets et plusieurs sources lumineuses

Cette activité expérimentale tend à la construction des premiers éléments d'un « modèle précurseur » basé sur les connaissances suivantes : l'ombre est l'absence de lumière due à l'interposition d'un corps intercepteur et ce corps se trouve entre la lampe et l'ombre ; l'ombre est une silhouette sans couleur ; l'ombre est l'absence de lumière (cf. tableau 40).

Tableau 40 : *Tableau récapitulatif des objectifs et du matériel de l'activité expérimentale*

Objectifs	Matériel
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les éléments intervenant dans la formation d'une ombre ; -comprendre l'association entre la présence de lumière et la vision des objets : pour être vu, un objet doit être éclairé ; -comprendre l'interdépendance des éléments dans la formation de l'ombre : source de lumière, objet placé entre la source et la surface de projection de l'ombre ; -construire les notions de transparence et d'opacité : un objet opaque est un objet qui ne laisse pas passer la lumière (chat, pomme), un objet transparent est un objet qui laisse passer la lumière (verre). 	<p data-bbox="890 674 1353 725">La silhouette d'un chat réalisée en bois, un verre, une pomme verte et deux lampes de poche</p> 

Le choix du matériel a été réalisé en fonction des propriétés intrinsèques des objets : le chat est en bois et empêche la lumière de passer, le verre est transparent et favorise le passage de la lumière, la pomme est colorée et offre donc une propriété supplémentaire par rapport aux autres objets. Il faut noter que nous utilisons des éléments fabriqués et non fabriqués. La silhouette du chat a été choisie car c'est un animal familier pour les jeunes enfants.

Déroulement de l'activité expérimentale 1

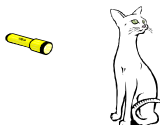
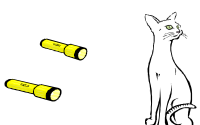

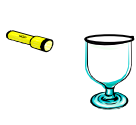
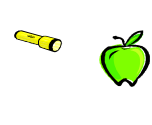
Les enfants sont invités à faire des prédictions concernant les différents objets par rapport à la position de la source lumineuse et à la position des ombres, quand la lumière est devant ou derrière l'objet.

Se produit-il la même chose avec les différents objets ? (le chat, le verre, la pomme).

Concernant cette activité il a été demandé aux enfants, en leur donnant verbalement et matériellement les trois éléments (source-objet-écran) pertinents au problème, de prédire une disposition spatiale permettant la formation d'une ombre sans pouvoir vérifier que

celle-ci soit fonctionnelle (ils n'ont pas le droit d'allumer la lumière). Les enfants ont été soumis à 5 situations-problèmes récapitulées dans le tableau 41.

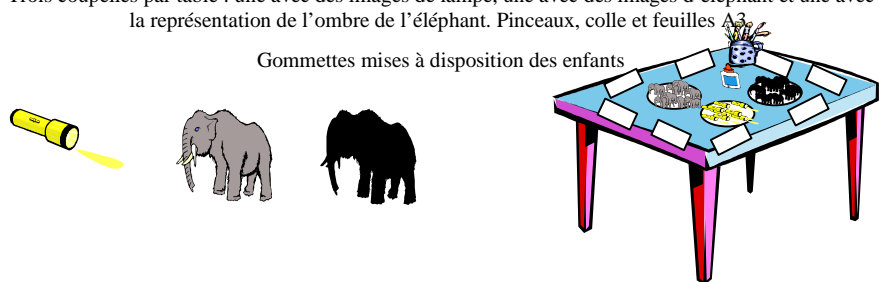
Tableau 41 : *Tableau récapitulatif des 5 situations-problèmes auxquelles les enfants ont été confrontés*

Situation-problème	Situation-problème 1 Avec le chat	Situation-problème 2 Avec le chat	Situation-problème 3 Avec le chat	Situation-problème 4 Avec le verre	Situation-problème 5 Avec la pomme
Objectif	-Prédire la formation et la place de l'ombre avec une source lumineuse et un objet opaque	-Prédire la formation et la place de l'ombre avec deux sources lumineuses et un objet fabriqué.	-Prédire la « non formation » de l'ombre lorsque le positionnement est impossible	-Prédire la formation et la place de l'ombre avec une source lumineuse et un objet transparent -Prédire un résultat (qualité de l'ombre) par rapport à une propriété de l'objet (la transparence)	-Prédire la couleur de l'ombre lorsque l'objet est opaque et coloré
L'enseignant pose le problème aux enfants sous la forme discursive suivante	« j'ai la lumière, c'est une petite lampe de poche, où est-ce qu'il faut que je place la lumière et le chat d'après vous, pour obtenir l'ombre sur l'écran ? »	Combien d'ombres obtient-on avec un chat et deux lampes ? Pourquoi ? Où va se trouver l'ombre ? Pourquoi ? Si nous plaçons les lampes à l'opposé l'une de l'autre, que va-t-il se passer ?	L'enseignant évoque l'événement impossible : est-ce qu'on peut former l'ombre entre la lampe et le chat ? Pourquoi ? Comment ?	Où va se trouver l'ombre ? Pourquoi ? Qu'est-ce qui va se passer avec le verre ?	De quelle couleur va être l'ombre ? Pourquoi ?
Matériel					

3) Formalisation 1

La dernière activité de la séance consiste à faire formaliser le phénomène de l'ombre aux enfants à l'aide de gommettes. Le tableau 42 présente les objectifs et le matériel correspondants à cette activité.

Tableau 42 : *Objectifs et matériel de l'activité de formalisation proposée lors de la 1^{ère} séance*

Objectif	Matériel
- Faire une construction du dispositif au plan graphique.	Trois coupelles par table : une avec des images de lampe, une avec des images d'éléphant et une avec la représentation de l'ombre de l'éléphant. Pinceaux, colle et feuilles Gommettes mises à disposition des enfants 

Déroulement de l'activité de formalisation 1

L'enseignant distribue à chaque table où est réuni un groupe d'enfants le matériel et donne la consigne suivante : « Il faut construire l'ombre de l'éléphant. ». Les enfants doivent, individuellement, représenter le dispositif en collant les gommettes appropriées sur une feuille de papier.

Ensuite, les enfants sont réunis pour une discussion à propos de leurs collages. Les enfants et l'enseignant s'installent en demi-cercle et échangent leurs impressions à propos des productions réalisées. L'enseignant commence par demander aux enfants de montrer un par un leur travail et chacun donne son avis. Nous attendons de cette évaluation qu'elle permette à tous les enfants de s'exprimer et d'enrichir leur argumentation et leur explication concernant le phénomène.

A l'issue de cette séance et après discussion l'enseignant demande à un enfant de formaliser graphiquement sur le calendrier de la classe le phénomène de formation de l'ombre avec l'aide de ses camarades (cf. photo 6).



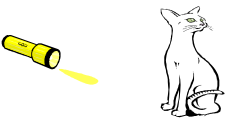
Photo 6 : Formalisation du groupe dans le calendrier de la classe

2^{ème} séance

1) Activité expérimentale 2 : manipulation de la source lumineuse, hypothèses sur la taille de l'ombre

Nous travaillons ici avec les enfants sur les déterminants de la taille de l'ombre. Le tableau ci-après présente les objectifs et le matériel de cette activité.

Tableau 43 : *Objectifs et matériel de l'activité expérimentale 2*

Objectifs	Matériel
<p>-Prédire la taille de l'ombre.</p> <p>-Identifier les facteurs influençant la taille et l'orientation d'une ombre.</p>	<p>La silhouette d'un chat, réalisée en bois.</p> <p>Lampe de poche.</p> 


Déroulement de l'activité expérimentale 2

Cette activité consiste à jouer avec la lumière et le chat, en approchant progressivement la source de lumière de la tête du chat et ensuite du corps. Nous demandons aux enfants d'émettre des hypothèses à propos de la place de l'ombre dans l'espace et de sa taille.

2) Activité expérimentale 3 : ajuster l'ombre à une figure et faire varier la taille de l'ombre

Nous présentons ci-après en forme de tableau les objectifs et matériel de cette activité.

Tableau 44 : *Objectifs et matériel de l'activité expérimentale 3*

Objectifs	Matériel
<p>-Comprendre le rôle de la source lumineuse dans la formation de l'ombre, puisqu'à cet âge, les enfants ne proposent pas d'explication pour la formation du phénomène en termes d'interception du faisceau lumineux.</p> <p>-Comprendre le lien entre la position relative de l'objet et la taille de l'ombre : plus l'objet est proche de la lampe, plus son ombre est grande ; on modifie la position et la taille d'une ombre en agissant sur l'objet et la distance source-objet.</p>	<p>Sur un carton blanc (écran) fixé sur un mur, sont dessinées des figures géométriques et des images diverses. Des objets, de même forme que les figures mais de dimensions plus réduites, sont découpés dans du carton et collés au bout d'une baguette. Une lampe fixe pour éclairer l'écran.</p> 

Cette activité présente un degré de complexité important puisque non seulement l'enfant doit manipuler une figurine par rapport à la source lumineuse mais aussi ajuster la taille de l'ombre à l'objet.


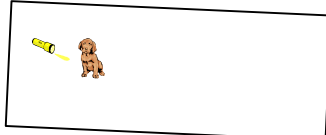

Déroulement de l'activité expérimentale 3

L'activité consiste à placer correctement l'objet entre la lampe et l'écran pour que son ombre coïncide exactement avec la figure dessinée. Dans cette activité, la source lumineuse est fixe.

3) Formalisation 2

Cette activité est du même type que dans la séance précédente. Les enfants utilisent des gommettes de différentes tailles représentant l'ombre ; ils doivent choisir la taille appropriée et positionner les gommettes correctement sur une feuille où sont déjà collés la source lumineuse et l'objet. Les objectifs et le matériel sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau 45 : Objectifs et matériel de la 3^{ème} activité de la 2^{ème} séance

Objectif	Matériel
<p>-Représenter au plan graphique, l'activité réalisée en groupe à propos des positions relatives : plus l'objet est proche de la lampe, plus son ombre est grande.</p>	<p>Deux coupelles par table : une avec des représentations de l'ombre du chien de petite taille et l'autre, avec des représentations de l'ombre du chien de grande taille.</p>  <p>Une feuille A3 sur laquelle sont présents deux éléments du dispositif : la source lumineuse et l'image du chien. Pinceaux et colle.</p>  

Déroulement de l'activité de formalisation 2

L'enseignant distribue à chaque table le matériel et donne à chaque enfant une feuille sur laquelle la source lumineuse est très proche du chien. La consigne est la suivante :

« Regardez ! La lumière est très proche de l'image du chien, il faut choisir la taille de l'ombre qui va se former et la coller sur le dessin, vous avez le choix entre une ombre de petite taille et une ombre de grande taille »

A la fin de cette seconde séance, les enfants et l'enseignant vont s'installer en demi-cercle pour faire une observation active des collages réalisés. L'enseignant commence par montrer quelques productions et chacun donne son avis. Nous attendons de cette activité qu'elle permette à tous les enfants de s'exprimer et d'avancer dans la construction de leurs arguments.

3. Analyse des écarts entre la séquence prévue et la séquence effective

Rappelons que la première séance commence par le visionnage d'un film. L'enseignant fait découvrir aux enfants la vidéo, puis il les questionne et les échanges commencent à naître. Pour la suite de notre chronique, nous faisons référence aux interventions enseignant-enfants et chercheur-enfants (*cf.* transcriptions annexe I, pp. 369-400). Les enfants nomment le concept auquel nous nous intéressons (8) ; la source lumineuse est également présente dans le discours (10). Concernant l'ombre, leur discours est à caractère animiste (16. Van : « il grimpait dans les arbres et son ombre, elle faisait pareil que lui parce que c'était son ombre »). Les enfants racontent plusieurs séquences du film (12-19). Une ébauche de relation entre les objets fait surface (21-23), et un constat surgit (29), ensuite, s'opère une transposition des éléments du film à une situation réelle en classe (31). La

notion d'objet fait son entrée dans le discours (70-83), le plan de projection et la fonction de celui-ci sont énoncés (146-148). Le discours animiste laisse la place à une réalité constatée, l'ombre n'est plus considérée par certains comme un être vivant (152. Loïc : « donc c'est parce que c'est le parterre parce qu'en fait c'est une ombre, donc elle n'est pas réelle, donc ça ne fait rien du tout. Loïc prend le pied de Paul et dit : regarde je fais des guilis à son ombre et ça ne lui fait rien, c'est quand je lui fais des guilis sur son visage que ça lui fait quelque chose. Tout le monde rit »).

D'après la succession des actions énumérées nous établissons trois constats :

- Les activités réalisées sont conformes aux activités prévues, aucun élément nouveau n'a été introduit par l'enseignant dans cette activité.

Concernant l'objectif poursuivi, à savoir : faire verbaliser les enfants, pour ensuite, par le recueil et l'analyse des interactions langagières,²⁰ voir de quelle façon, par leur discours, ils peuvent nous permettre de comprendre certaines difficultés, certaines réussites et les transformations que subit la pensée. Les enfants s'expriment volontiers puisque nous constatons que sur 168 tours de parole quantifiés dans cette séquence, 83 correspondent à des interventions des enfants. En fait, compte tenu du rapport entre le nombre de tours de parole de l'enseignant et les enfants, on a sans doute affaire à des échanges dyadiques.

Les difficultés exprimées dans le discours sont celles qui touchent à la dimension relationnelle du phénomène, même si certains enfants énoncent des ébauches d'une

²⁰ Echanges entre celui qui enseigne et ceux qui apprennent, aussi bien que les interactions entre apprenants.

pensée qui admet ce type de traitement elles sont encore très peu nombreuses et isolées (exemple : 133. Loïc : « de l'électricité et puis quand il y a de la lumière là-haut et là, il y a l'ombre du pied de Paul »).

A propos de l'activité expérimentale, nous pouvons constater que l'enseignant présente le matériel et interroge les enfants au sujet de la formation de l'ombre (169). Cette intervention donne, comme résultat, de multiples échanges à propos du positionnement spatial de chaque élément (170-177). Après avoir placé la source lumineuse éteinte, le maître fait aux enfants une demande de prédiction (178-191). Il les relance pour qu'ils continuent à faire des inférences (192-211), un enfant fait l'expérience. Le chercheur intervient pour leur faire expliciter les observations qu'ils font. L'enseignant demande aux enfants de nommer les éléments constitutifs du phénomène et introduit, ensuite, une situation nouvelle relative à la variation de la taille de l'ombre (223), des prédictions sont faites à propos de celle-ci (224-229). Après réalisation et observation de l'expérience, une succession d'arguments appuyant le résultat, sont exprimés par les enfants (230-244). Le chercheur intervient pour réintroduire le cheminement méthodologique qui avait été établi lors des échanges enseignant-chercheur au moment de la préparation de la séquence d'enseignement concernant les propriétés des objets (objets transparents, objets en couleur) (245-247 et 249). Un enfant fait des prédictions (248 et 250), l'enseignant leur demande de nommer les éléments constitutifs du phénomène et un enfant réalise l'expérience. A la suite de l'expérimentation, une série d'arguments, pour expliquer le fait observé, se succèdent (259-279), un élève introduit la notion de transparence (271 et 274), et dit qu'un objet transparent est un objet qui laisse passer la lumière (276). Puis, le chercheur intervient une nouvelle fois pour introduire la propagation de la lumière en milieu homogène (280). L'enseignant relance les enfants au sujet des composants du

phénomène et revient à la suggestion du chercheur. Le maître évoque l'événement impossible (295), les enfants font part de la difficulté de la question, un seul d'entre eux propose un début d'argumentation (301). Ensuite le chercheur introduit la possibilité de travailler avec deux sources lumineuses, un nouveau problème est posé (302). L'enseignant reformule la proposition du chercheur, les enfants font des prédictions (304 et 306), l'expérience est réalisée et les sujets découvrent le résultat qui conforte leurs prédictions (308).

D'après la succession des actions recensées nous faisons plusieurs constats :

- L'enseignant introduit une activité concernant la taille de l'ombre qui était prévue dans la seconde séance d'enseignement.
- Il relance constamment les enfants en leur demandant de répéter avant chaque nouvelle situation les éléments constitutifs du phénomène, il s'agit d'une méthode qui, vraisemblablement, fait partie de sa pratique pédagogique.
- Le chercheur intervient pour rappeler le cheminement méthodologique ciblé au départ, il régule la succession d'activités.

Au vu des objectifs de l'activité expérimentale:

- a) déterminer les éléments intervenant dans la formation d'une ombre ;
- b) comprendre que la vision des objets est associée à la présence de lumière : pour être vu, un objet doit être éclairé ;
- c) comprendre que la formation de l'ombre dépend d'une source de lumière, d'un objet placé entre la source et la surface de projection de l'ombre ;
- d) comprendre qu'un objet opaque est un objet qui ne laisse pas passer la lumière (chat, pomme), qu'un objet transparent est un objet qui laisse

passer la lumière (verre).

Nous pouvons dire que tout le travail prévu a été réalisé et que les arguments exprimés par les enfants nous donnent à penser que plusieurs objectifs ont été atteints.

En ce qui concerne l'activité de formalisation de la première séance, l'enseignant procède à la distribution des feuilles de papier, donne la consigne et pose sur les tables les gommettes. Les enfants réalisent l'activité.

Une fois celle-ci terminée, il les rappelle dans l'espace de regroupement. Une évaluation en groupe a lieu. Les enfants expriment leur accord ou désaccord par rapport aux différentes productions, un échange de points de vue se produit (310-359). L'enseignant fait inscrire la formalisation sur le calendrier de la classe

L'activité de formalisation réalisée ne présente pas de différence avec celle qui avait été prévue. Chaque enfant présente sa production qui est jugée par ses pairs.

En ce qui concerne la deuxième séance, l'activité expérimentale commence par le rassemblement des enfants dans l'espace de regroupement, de même que dans les chroniques des précédentes activités, nous faisons référence aux interventions enseignant-enfants et chercheur-enfants (*cf.* transcriptions annexe I).

L'enseignant introduit cette nouvelle séance et, de ce fait, interroge les enfants à propos des activités qui ont été réalisées dans la 1^{ère} séance.

Les enfants répondent en énonçant des éléments constitutifs du système de façon isolée (361-377). L'enseignant leur demande de réaliser un déplacement dans un autre espace de la classe pour la poursuite des activités. Il les relance à propos des éléments nécessaires à la formation de l'ombre et leur fait refaire une activité de la 1^{ère} séance, pour leur montrer la formation du phénomène (378-385). Après réalisation de l'expérience, le

maître introduit une deuxième situation (qui avait été abordée très rapidement lors de la 1^{ère} séance) et demande aux enfants de faire des prédictions sur la taille de l'ombre (386), ce qu'ils font (387-397). Un enfant réalise l'expérience et un autre fait un constat (399). L'enseignant explique le phénomène (400) et fait une demande de prédiction sur une troisième situation. Les enfants font des prédictions (401-405). L'expérience est réalisée et l'un d'entre eux fait un constat (407). A la suite de cela, l'enseignant explique le résultat de l'expérimentation (408).

Dans cette expérimentation, nous avons observé que l'enseignant reprenait des activités qui avaient été réalisées dans la 1^{ère} séance et faisait le choix de ne pas diriger la lumière sur un point précis de l'objet comme cela avait été prévu lors de la programmation.

Dans la deuxième activité expérimentale nous distinguons une phase où l'intervention du chercheur a été importante, ce qui ne s'était pas produit auparavant. Nous la décrivons ci-après.

Le chercheur entend une conversation entre certains enfants avant le début de la séquence, le maître à cet instant s'occupe du groupe de moyenne section en leur donnant une activité. Nous rappelons que l'école a choisi de constituer des groupes de double niveau dans chaque classe, ce qui est lié, d'après les autorités de l'établissement, aux effectifs très diversifiés selon les tranches d'âge et à des choix pédagogiques de l'équipe éducative.

Le chercheur interpelle l'enfant qui a été à l'origine de l'échange (409), celui-ci explique sa découverte en rapport avec le positionnement de l'ombre (thème que nous n'avions pas ciblé dans nos séances) (410). Un échange entre les enfants et le chercheur se produit (411-436) et une ébauche de relation entre les éléments constitutifs du phénomène est

exprimée (426). Cette relation est clairement expliquée par un enfant (428), mais une nouvelle problématique surgit...(432).

Le chercheur avance une piste causale (435), un enfant fait un constat « in situ » et affirme la véracité de cette piste (436), puis l'enseignant reprend le groupe pour la suite de l'expérimentation (437).

Les enfants manipulent le matériel, font l'expérience et l'enseignant leur demande de l'expliquer, des échanges se produisent sur deux aspects : - le fait d'ajuster l'ombre à la figure et, - l'effet produit par l'éloignement ou le rapprochement de l'objet à la source lumineuse (440-452). Le maître introduit une vérification par la réalisation de l'expérience (456) et un enfant fait partager un constat au groupe (457). L'enseignant fait répéter l'expérience aux enfants les plus en difficultés.

La comparaison de la programmation de cette activité avec son déroulement fait ressortir que :

- Le chercheur profite d'une situation qui se crée entre plusieurs enfants pour essayer de les conduire vers une conceptualisation plus élaborée ;
- Un enfant introduit un aspect négligé dans notre programmation (positionnement de l'ombre par rapport à la source et à l'objet dans l'espace) ;
- L'enseignant incite les enfants à l'explicitation, fait qui nous permet d'observer leur cheminement cognitif très clairement.

Dans l'activité de formalisation de la deuxième séance, l'enseignant procède à la distribution des feuilles, donne la consigne et pose les gommettes sur les tables, les enfants réalisent l'activité. Une fois l'activité terminée, il les rappelle dans l'espace de regroupement. Une évaluation en groupe est réalisée, et les enfants expriment leur accord

ou désaccord par rapport aux différentes productions, un échange de points de vue se produit (459-485). Une phase d'intervention du chercheur s'ajoute à cette séquence (à partir du tour de parole 486), une demande d'explicitation est faite concernant la formalisation de la 1^{ère} séance sur le calendrier de la classe, des échanges se produisent (487-502), et un élève exprime clairement le rôle de l'apprentissage dans le processus de l'acquisition de concepts scientifiques (497. Pau : « ...c'est important parce que comme ça, si on veut savoir comment elle apparaît l'ombre, on l'apprend »).

La comparaison de la programmation de cette activité avec son déroulement fait ressortir que :

- l'activité de formalisation réalisée ne présente pas de différence avec celle qui avait été prévue ;
- d'un commun accord, le chercheur et l'enseignant introduisent, en cours d'activité, une évaluation collective, chaque enfant présente sa production qui est jugée par ses pairs ;
- le chercheur intervient dans la phase finale pour faire expliciter les enfants, intervention qui n'était pas prévue initialement.

En résumé, l'ensemble des activités s'est déroulé globalement selon le protocole prévu.

Les écarts au protocole viennent à la fois des enfants qui signalent un problème nouveau ou du chercheur attentif à ce que l'ensemble des traitements prévus soient envisagés et, du fait de sa position d'extériorité, attentif à des paroles d'enfant qui lui semblent porteuses de signification.

Dans le chapitre 8, nous analysons plus finement les échanges entre l'enseignant et les enfants dans la perspective de cerner les facteurs de l'évolution conceptuelle constatée

chez les enfants.

CHAPITRE 8. ÉVALUATION DE L'IMPACT D'UNE SEQUENCE D'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE SUR LE DEVELOPPEMENT CONCEPTUEL DES ENFANTS A PROPOS DES OMBRES²¹

Résumé du chapitre

Ce chapitre rend compte de l'évaluation de l'intervention psycho-didactique. Cette évaluation est conduite en relation avec les objectifs de développement cognitif. Il s'agit d'apprécier l'impact de la séquence d'enseignement-apprentissage sur l'évolution conceptuelle des enfants.

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons rendre compte de l'évolution des enfants au plan conceptuel en mettant en correspondance les données des entretiens avant et après la séquence d'enseignement-apprentissage dans les deux modalités : verbale et graphique. Evaluer les effets de l'intervention, situer les progrès et étudier le processus de développement de la conceptualisation seront nos trois objectifs.

²¹ Toutes les données concernant les productions des enfants sont consultables dans le CD-ROM : SEA à propos du phénomène de la formation des ombres p. 4-34.

Dans nos analyses, nous ferons la distinction entre le degré d'évolution et la qualité de l'évolution de chaque enfant. Nous travaillerons sur les décalages afin de montrer les différences intra-individuelles.

La suite de notre travail consistera d'une part, à mettre en correspondance les données du groupe témoin et du groupe expérimental en pré et post test dans les deux modalités. D'autre part, nous allons comparer les résultats du groupe expérimental en post-test avec ceux du référentiel développemental dans les deux modalités d'expression sollicitées chez les enfants. Ceci nous permettra d'étudier l'évolution des enfants.

La fin de notre analyse tentera de mettre en avant les éléments à propos de la séquence d'enseignement-apprentissage qui peuvent aider et expliquer l'évolution conceptuelle. Rappelons que nous avons avancé l'hypothèse de trois types de processus à l'origine de l'évolution intellectuelle : des processus internes au sujet (mise en place d'un traitement relationnel du réel par le biais de l'abstraction réfléchissante), des processus externes au sujet (milieu, situations-problèmes, le phénomène physique auquel l'enfant va être confronté...); des processus interactionnels qui se jouent dans la relation sujet-milieu-environnement médiatisés par l'enseignant. Si l'idée centrale est d'essayer de savoir comment font les enfants pour construire un modèle leur permettant d'évoluer d'une conception première, naïve ou pré-conceptuel à une conception plus proche des modèles savants, alors nous nous questionnons sur la manière dont se traduit cette évolution au plan empirique dans ces processus à triple entrée. C'est pour cela, et afin de mettre en évidence les éléments d'influence de l'intervention psycho-didactique sur l'évolution des enfants, que nous proposerons plusieurs analyses en termes de tours de parole, de types de discours produits par les différents interactants, ainsi que l'analyse de quelques échanges montrant la dimension interactionnelle de l'interaction. Nous espérons ainsi

montrer en quoi, les constructions socio-cognitives en cours d'activité, dans un contexte de développement naturel, peuvent aider les enfants à évoluer conceptuellement.

2. Évolution intellectuelle des enfants

Les réponses des enfants au pré-test et au post-test ont été codées en utilisant les grilles présentées dans le chapitre quatre. Les réponses des enfants ne se situent pas nécessairement au même niveau selon les registres d'expression. Avant séquence d'enseignement-apprentissage (SEA), cela concerne 5 enfants sur 15. Après séquence d'enseignement-apprentissage, cela concerne 8 enfants sur 14 (un enfant ayant quitté la classe entre le début de l'étude et la fin). Les différences observées selon les registres d'expression sollicités justifient que l'analyse de l'évolution des explications se fasse dans un premier temps par registre.

2.1. Résultats aux pré- test et post-test dans la modalité verbale

Nous présentons les résultats des évolutions des explications langagières et graphiques du groupe ayant bénéficié de la SEA. Le tableau de contingence entre les niveaux de production lors de la première entrevue (pré-test) et ceux de la seconde entrevue (post-test) est présenté ci-dessous.

Tableau 46 : *Registre langage : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; V : Verbal)*

	E1 V Hors modèle		Intraobjectal		Quasi- interobjectal	Interobjectal		Total
	C0	C1	C2	C3		C4	C5	
E2 V								
C0								
C1								
C2	1	3	4					8
C3	1		1					2

C4			1	2			3
C5			1				1
Absent			1				1
Total	2	3	8	2	0	0	15

Il met en évidence le fait que, dans le registre verbal, la majorité des enfants progressent (10 sur 14) : six progressent d'une catégorie, deux enfants de deux catégories ainsi que deux enfants de trois catégories.

Nous introduisons ci-après des exemples afin d'illustrer les trois types de progressions observées :

Progression +1 catégorie

a) Jul (5 ;3) : avant SEA : « c'est noire » (C1)

a') Jul (5 ;5) : après SEA : « besoin de la lumière, du sol et de nous » (C2)

b) Pau (5 ;9) : avant SEA : « l'ombre c'est noire et comme c'est noire on ne peut pas voir les choses, on voit que l'ombre... on peut la toucher mais on ne sent rien...besoin d'une main, de notre corps, un jouet... Quand il y a du soleil, un peu de lumière, des ampoules, de l'électricité, de la lumière, du reflet du soleil, grands immeubles, des mains, des pieds... on la voit au mur... l'ombre elle vient des pieds... » (C3)

b') Pau (5 ;11) : après SEA : « On a besoin de choses, d'un écran, d'un objet et de la lumière, Il faut tout ça pour faire l'ombre... Je lui dirais de prendre un écran, un objet et une lumière. On met l'objet au milieu de la table et l'écran plus loin et tu mets la lumière derrière l'objet, et après on fait l'ombre. Quand on fait l'ombre on a besoin de la lumière, s'il n'y a pas de lumière on ne peut pas faire l'ombre, parce que c'est la lumière avec l'objet qui fait l'ombre... » (C4)

Progression +2 catégories

a) Cam (5 ;3) : avant SEA : pas de réponse (C0)

a') Cam (5 ;5) : après SEA : « L'ombre se fait avec de la lumière, du soleil et avec nous. »
(C2)

b) Lea (5 ;5) : avant SEA : « c'est noir, et ça suit par terre, l'ombre marche comme nous. Quand je fais ça, elle fait ça aussi, elle bouge et nous suit... Parce que quand c'est noir, on ne voit pas de trucs, on a besoin de la lumière pour faire l'ombre. » (C2)

b') Lea (5 ;7) : après SEA : « On a besoin du sol, de nous, on a besoin de la lumière et d'un petit peu du noir et après apparaît l'ombre, on peut la voir et la toucher. » (C4)

Progression +3 catégories

a) Ahm (5 ;5) : avant SEA : pas de réponse (C0)

a') Ahm (5 ;7) : après SEA : « besoin de l'électricité, du soleil, du sol, c'est tout... quand il y a la lumière par terre et quand on marche sur le soleil ça fait l'ombre par terre. » (C3)

b) Van (5 ;9) : avant SEA : « Un peu noire avec un peu du gris. C'est quelque chose noire ...besoin de nous, de nos mains... Quand il y a du soleil ... Du soleil, de l'électricité » (C2)

b') Van (5 ;11) : après SEA : « On a besoin du soleil, de l'électricité, de nous, du parquet, d'un écran, il faut les mélanger. Par exemple, je suis là et le soleil est là (elle indique l'espace physique devant elle) donc, ça fait mon ombre derrière puisque je cache la lumière, si le soleil il est derrière moi, ça fait l'ombre devant moi. On peut faire l'ombre avec une lampe électrique et avec un objet, il faut mettre l'objet devant la lumière. On éteint toutes les lumières, on prend la lampe, on allume et on met l'objet et on a besoin du parquet ou d'un écran » (C5).

2.2. Résultats aux pré- test et post-test dans la modalité graphique

Au plan graphique, presque tous les enfants progressent : huit enfants progressent d'une catégorie, trois enfants de deux catégories ainsi que deux enfants de trois catégories et ceci indépendamment de leur niveau de départ, ce qui est en adéquation avec un modèle hiérarchique (cf. tableau 47).

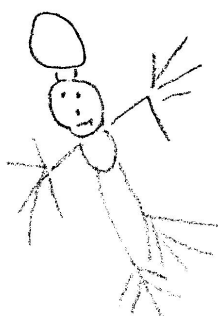
Tableau 47 : *Registre graphique : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; G : graphique)*

	E1G		Intraobjectal		Quasi-interobjectal	Interobjectal		Total
	Hors modèle		C1	C2		C4	C5	
E2 G	C0				C3			
C0								
C1								
C2			1	1				2
C3	1		1	4				6
C4				2	2			4
C5				1		1		2
Absent						1		1
Total	1		2	8	2	2		15

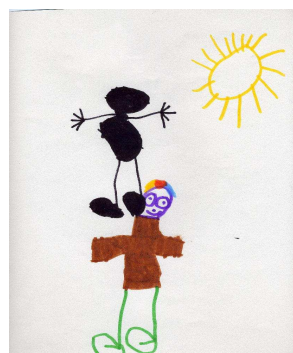
Nous introduisons ci-après des exemples afin d'illustrer les trois types de progressions observées :

Progression +1 catégorie

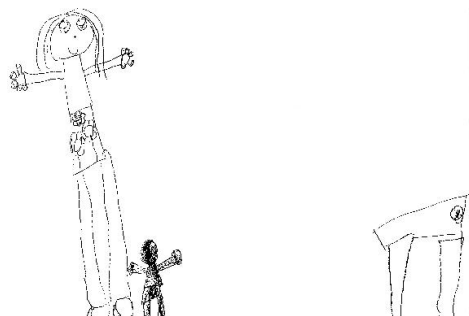
a) Nic (5 ;8) avant SEA (C2)



a') Nic (5 ;10) après SEA (C3)



b) Lea (5 ;5) avant SEA (C3)



b') Lea (5 ;7) après SEA (C4)

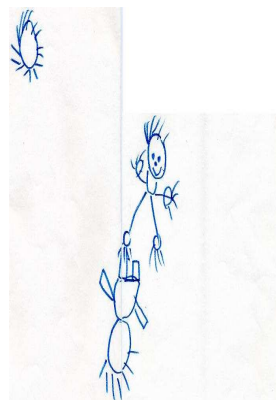


Progression +2 catégories

a) Pau (5 ;9) avant SEA (C2)



a') Pau (5 ;11) après SEA (C4)



Progression +3 catégories

a) Man (5 ;6) avant SEA (C2)



a') Man (5 ;8) après SEA (C5)



2.3. Degré d'évolution et qualité d'évolution de chaque enfant dans les deux registres d'expression

Afin de faire une analyse fine de l'évolution de chaque enfant dans les deux registres d'expression, nous proposons de regarder les différences intra-individuelles. Pour cela nous allons mettre en avant deux approches. L'une qualitative (qualité de l'évolution), l'autre quantitative (degré d'évolution).

D'une part nous entendons par qualité de l'évolution (C0, C1, C2...) la catégorie la plus élevée à laquelle l'enfant arrive. Dans notre étude, nous avons défini la catégorie C5, comme étant celle qui aboutit à la conceptualisation au regard du modèle précurseur interposition source-objet. D'autre part, nous entendons par degré d'évolution le nombre des catégories avancées (+1, +2...) par l'enfant, indépendamment du niveau qualitatif de départ. Les données sont présentées dans le tableau 48.

Les productions chez Ahm présentent un décalage important au profit de la modalité verbale, le décalage se manifeste par le degré d'évolution (+3) mais aussi par la qualité de l'évolution (C3), il est à signaler que l'enfant a été absent à la première séance d'apprentissage.

Chez Ben, nous pouvons faire le même constat que chez Ahm mais cette fois-ci au profit de la modalité graphique.

Chez Cam, le degré d'évolution est le même dans les deux registres mais qualitativement sa production graphique est supérieure à sa production verbale. Par contre, chez Car, non seulement le degré d'évolution est le même dans les deux modalités (+1) mais à cela s'ajoute un traitement qualitatif équivalent.

Chez Dor, le décalage est au profit de la modalité graphique marqué par une évolution d'une seule catégorie traduisant un traitement qualitativement supérieur : quasi-interobjectif (C3).

Chez Fab, le décalage est aussi au profit de la modalité graphique, avec un degré d'évolution important (+2 catégories) et une qualité de traitement du réel qui atteint l'interobjectif (4).

Chez Jul, il n'y a pas de décalage dans le degré d'évolution mais qualitativement sa production graphique est supérieure (C3).

Chez Lea, le degré d'évolution est au profit du langage (+2), cette progression permet à Lea de rejoindre qualitativement sa production graphique. Le traitement dans les deux registres est de l'ordre de l'interobjectif (C4).

Tableau 48 : *Décalages dans les degrés d'évolution ainsi que dans la qualité de l'évolution des productions des enfants dans les deux registres d'expression.*

Modalité verbale Evolution	Prénom de l'enfant	Modalité graphique Evolution
+3 (C0 à C3)	Ahm	+1 (C1 à C2)
+1 (C1 à C2)	Ben	+3 (C0 à C3)
+2 (C0 à C2)	Cam	+2 (C1 à C3)
+1 (C2 à C3)	Car	+1 (C2 à C3)
0 (C2 à C2)	Dor	+1 (C2 à C3)
0 (C2 à C2)	Fab	+2 (C2 à C4)
Absent au pré-test	Flo	Absent au post-test
+1 (C1 à C2)	Jul	+1 (C2 à C3)
+2 (C2 à C4)	Léa	+1 (C3 à C4)
+1 (C3 à C4)	Loïc	+1 (C4 à C5)
+1 (C1 à C2)	Man	+3 (C2 à C5)
0 (C2 à C2)	Nic	+1 (C2 à C3)
+1 (C3 à C4)	Pau	+2 (C4 à C4)
0 (C2 à C2)	Sam	0 (C2 à C2)
+3 (C2 à C5)	Van	+1 (C3 à C4)

Chez Loic, le degré d'évolution est d'une catégorie. Cette progression permet à l'enfant d'arriver dans les deux registres à un traitement interobjectif.

Chez Man, nous observons un important décalage entre les deux modalités. Dans la modalité verbale elle avance d'une catégorie. Qualitativement cela conduit Man à un traitement de type intraobjectif (C2). Par contre dans la modalité graphique le degré de progression est de +3, cela conduit l'enfant à atteindre la catégorie la plus élevée qualitativement (C5).

Nic avance seulement dans la modalité graphique est cela se manifeste par un degré de progression de +1. L'évolution qualitative dans cette modalité permet à Dor d'atteindre un traitement de type quasi-interobjectif (C3). L'enfant a été absent aux deux séances d'apprentissage.

Pau avance d'un degré dans la modalité verbale et de deux degrés dans la modalité graphique. Le décalage dans les degrés de progression par modalité permet à Pau d'homogénéiser la qualité de l'évolution dans les deux registres (C4).

Sam reste stable, ne progresse pas du tout (même niveau que celui de départ, deux mois après l'intervention), l'enfant a été absent aux deux séances d'apprentissage.

Quant à Van, elle progresse de trois catégories dans la modalité verbale et d'une catégorie dans la modalité graphique. La qualité de l'évolution dans les deux registres est du type interobjectif. Cependant sa production verbale est qualitativement supérieure à la production graphique puisque l'enfant arrive au seuil maximum, c'est-à-dire C5.

3. Comparaison groupe témoin et groupe expérimental aux pré et post-tests

Afin de tenter d'évaluer les effets produits par la séquence d'enseignement-apprentissage, nous prenons comme groupe témoin les enfants de GSM formant partie de notre référentiel. Il s'agit d'enfants qui n'ont pas été confrontés à la séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène de la formation des ombres. Le groupe témoin a suivi un entretien verbal et nous leur avons demandé de faire un dessin, mêmes questions et consignes que pour le groupe expérimental. Les productions verbales et graphiques ont été catégorisées en utilisant les mêmes grilles d'analyse (décrites chapitre 4 p. 177).

3.1. Groupe témoin et groupe expérimental aux pré-tests dans les modalités verbale et graphique

Les figures 22 et 23 présentent les données de la comparaison entre le groupe témoin et le groupe expérimental au début de notre démarche, c'est-à-dire avant la séquence d'enseignement-apprentissage.

Au pré-test, dans le registre verbal (*cf.* figure 22), on n'observe pas de différence significative ($X^2(5) = 8,13$; ns) entre le groupe témoin et le groupe expérimental.

Les productions des enfants du groupe témoin en C0 atteignent 23,33% puis celles du groupe expérimental en pré-test : 21,43%. Dans le traitement intraobjectal (C1+C2) : le groupe témoin présente un taux de 43,34% puis le groupe expérimental 35,71%. Le traitement en C3 (quasi-interobjectal) est présent dans le groupe témoin à 26,67% et dans le groupe expérimental à 35,71%. Les traitements interobjectaux (C4+ C5) sont présents dans le groupe témoin à hauteur de 6,67% et dans le groupe expérimental à 7,14%.

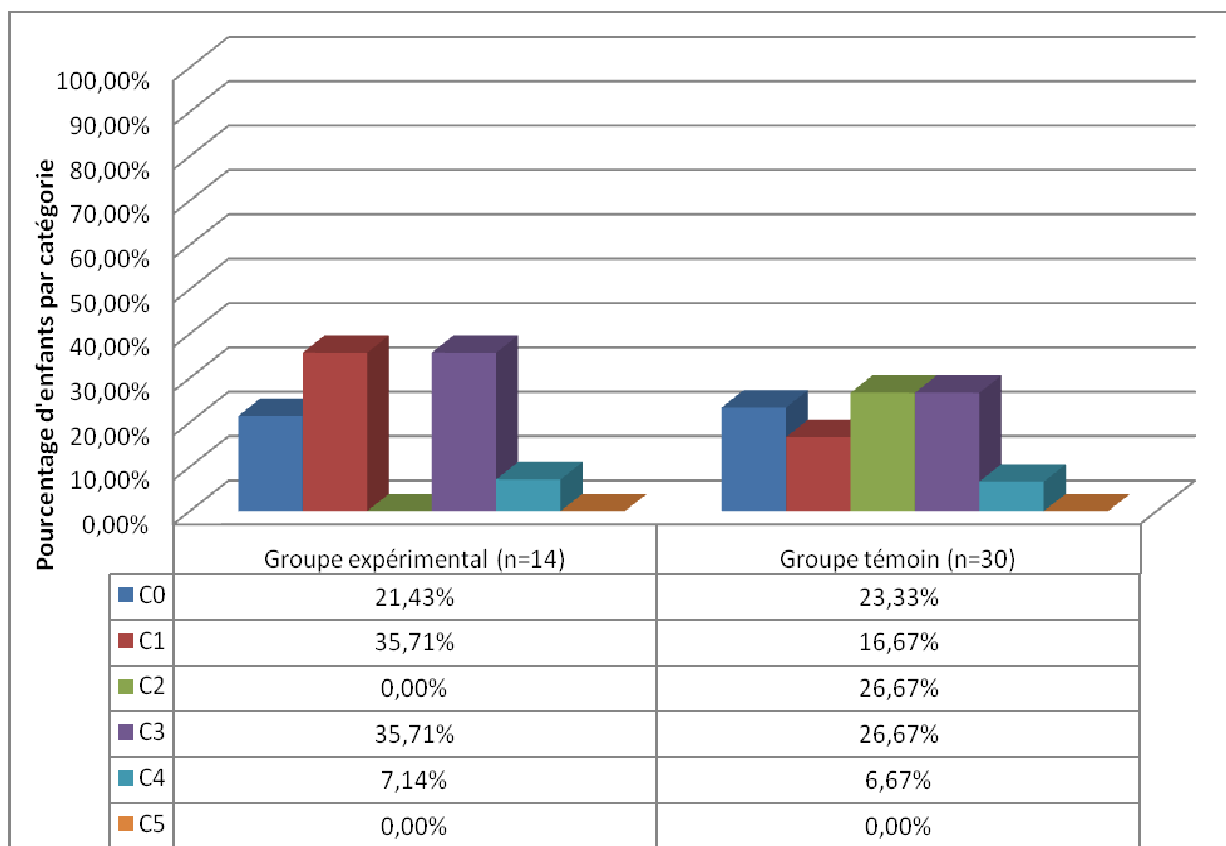


Figure 22 : Registre verbal : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au pré-test : C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

Dans la modalité graphique (*cf.* figure 23) nous trouvons une différence significative entre les deux groupes ($X^2(5) = 68,63$; $p < .001$).

Les enfants du groupe expérimental sont un peu plus nombreux à manifester un traitement quasi-interobjectal ou interobjectal que ceux du groupe témoin. Il s'agit sans doute d'un effet de pratiques pédagogiques propres au groupe expérimental mais nous n'avons aucun élément pour étayer cette hypothèse.

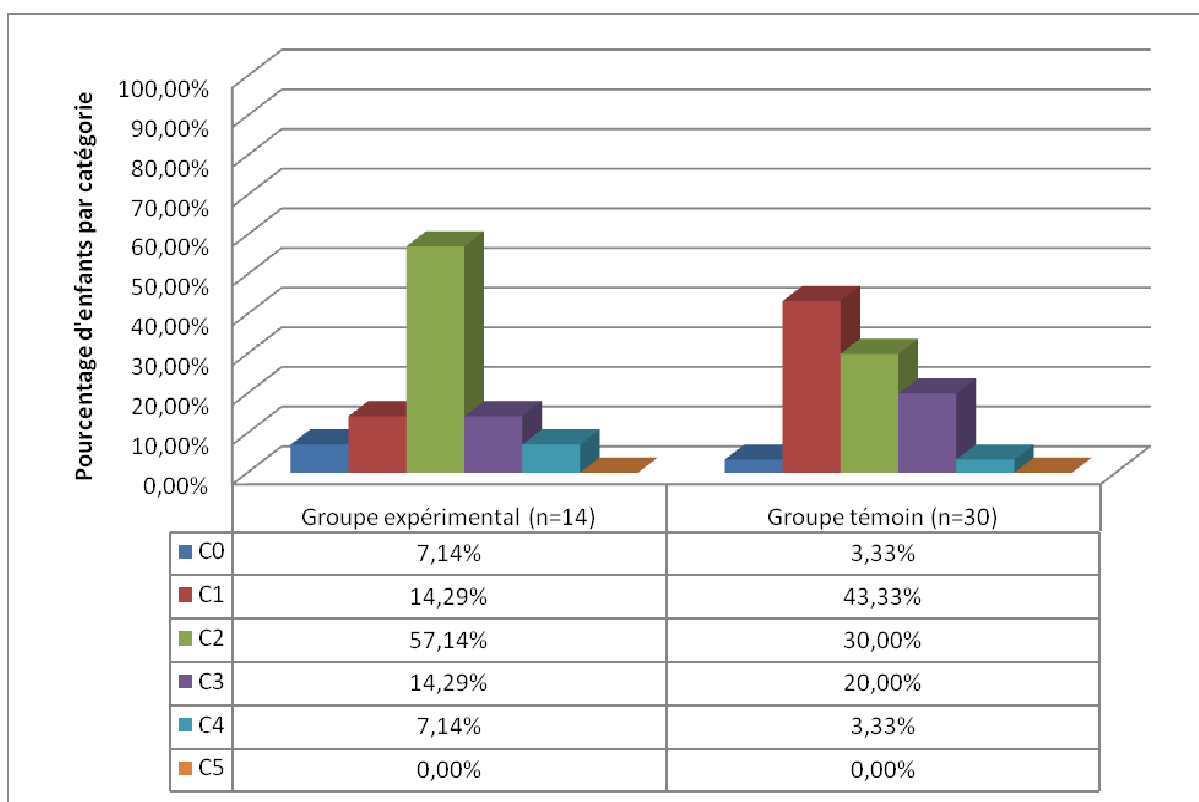


Figure 23 : Registre graphique : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au pré-test : C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

3.2. Groupe témoin et groupe expérimental au post-test dans les modalités verbale et graphique

Les résultats au post-test, tout d'abord ceux qui correspondent à la modalité verbale (cf. figure 24) montrent une différence significative entre les deux groupes : ($X^2(5) = 19$; $p < .002$). Nous pouvons observer une très nette évolution du groupe expérimental après apprentissage (groupe expérimental en pré-et post-test $X^2(5) = 20,63$; $p < .001$). Aucun enfant n'appartient à notre catégorie hors modèle puis 7,14% de l'échantillon appartient aux catégories qui traduisent une approche intraobjectale vs. 43,34% dans le groupe témoin. Le plus intéressant est qu'une partie importante de l'échantillon est dans notre

catégorie de transition (quasi-interobjectale) à hauteur de 57,14% vs. 26,67% pour le groupe témoin montrant ainsi le début d'un traitement relationnel. Dans l'approche interobjectale le groupe expérimental en post-test atteint un taux de 35,72% vs. 6,67% pour le groupe témoin.

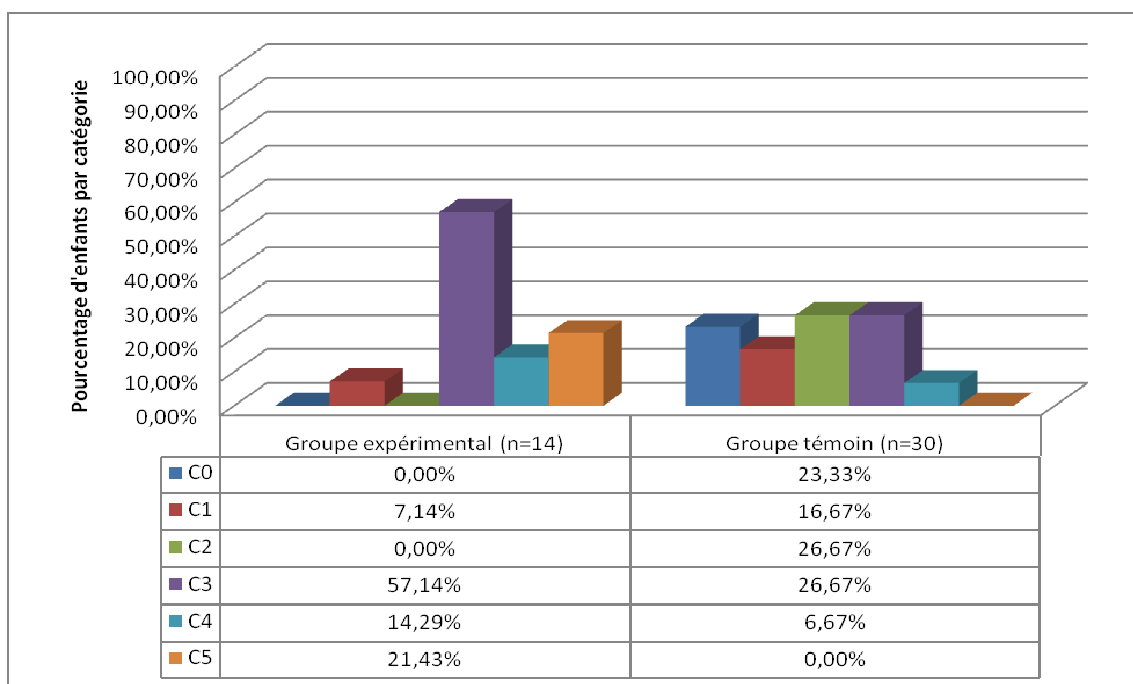


Figure 24 : Registre verbal : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au post-test. C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

La figure 25 récapitule les résultats en post-test dans la modalité graphique. Les performances du groupe expérimental sont nettement supérieures à celles du groupe témoin, nous pouvons observer une différence significative : $(X^2 (5) = 28,75 ; p < .003)$. De même cette différence significative est retrouvée si nous comparons le groupe expérimental en pré et post-test : $X^2 (5) = 24,92 ; p < .002$.

L'évolution observée par rapport au groupe témoin est la suivante : dans les catégories intraobjectales (C1+C2) nous trouvons les valeurs suivantes : 14,29% pour le groupe expérimental en post-test vs. 73,33% pour le groupe témoin. Les productions traduisant

une approche quasi-interobjectale présentent un pourcentage de 42,86% dans le groupe expérimental vs. 20% dans le groupe témoin. Puis les traitements interobjectaux sont présents dans le groupe expérimental après enseignement à hauteur de 42,86% vs. 3% dans le groupe témoin.

La progression observée dans le groupe expérimental après enseignement est pour nous l'indice d'une évolution, d'un mouvement de la pensée, une pensée flexible qui dépasse l'expérience immédiate et qui empreinte le chemin d'une construction conceptuelle de plus en plus performante.

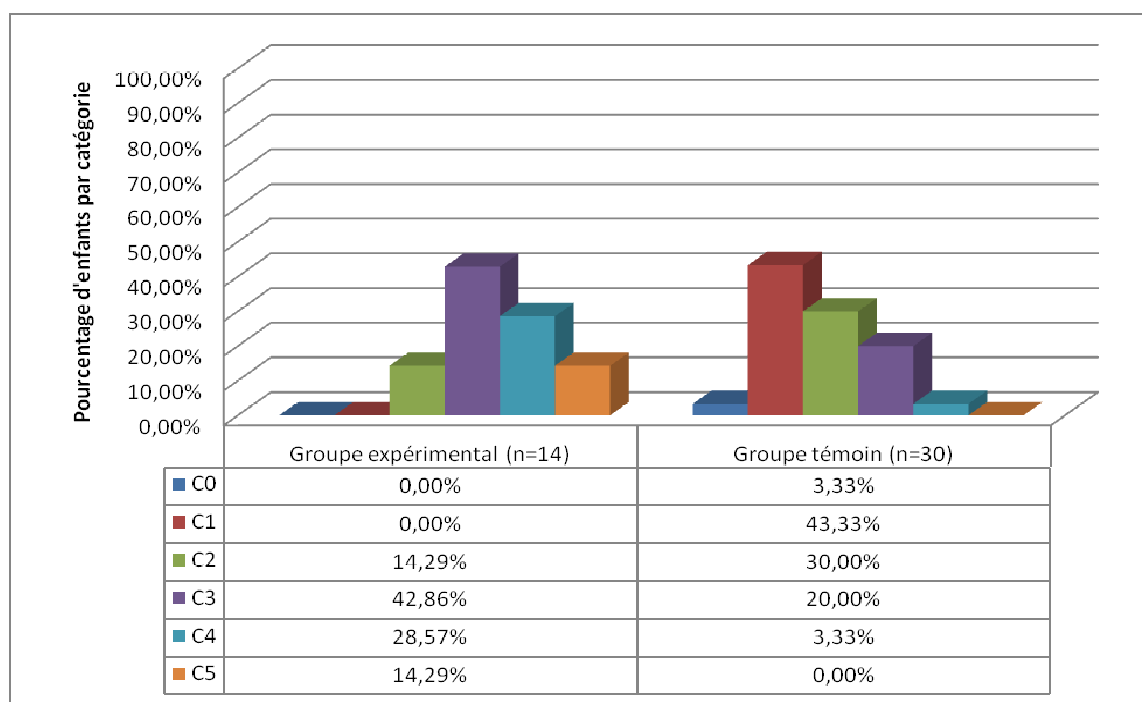


Figure 25 : Registre graphique : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au post-test. C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)

Concernant la suite des analyses, nous proposons de regarder les résultats du groupe expérimental en post-test par rapport aux résultats observés dans notre référentiel développemental dans les deux registres d'expression.

Dans le registre verbal (*cf.* figure 26), nous pouvons situer l'évolution du groupe expérimental *grosso modo* entre le niveau CP et le CE1.

Les résultats en C0 (hors modèle) de notre groupe expérimental sont les mêmes que ceux que nous avons constatés en CE2, CM1 et CM2 (disparition de cette catégorie, cela implique qu'aucun enfant ignore l'existence du phénomène). Dans le traitement intraobjectif (C1+C2), nous pouvons situer les résultats de notre groupe expérimental (7,14%) entre les résultats observés en CM1 (6,25%) et en CM2 (9,09%). Concernant la catégorie C3 (quasi-interobjectif), les résultats observés dans notre groupe expérimental (57,14%) sont supérieurs à tous les résultats observés dans le référentiel. Enfin dans l'approche interobjectif (C4+C5) notre groupe expérimental atteint un taux de 35,72% ce résultat indique qu'il est possible de situer l'évolution entre les CP (29,41% et les CE1 (42,42%)

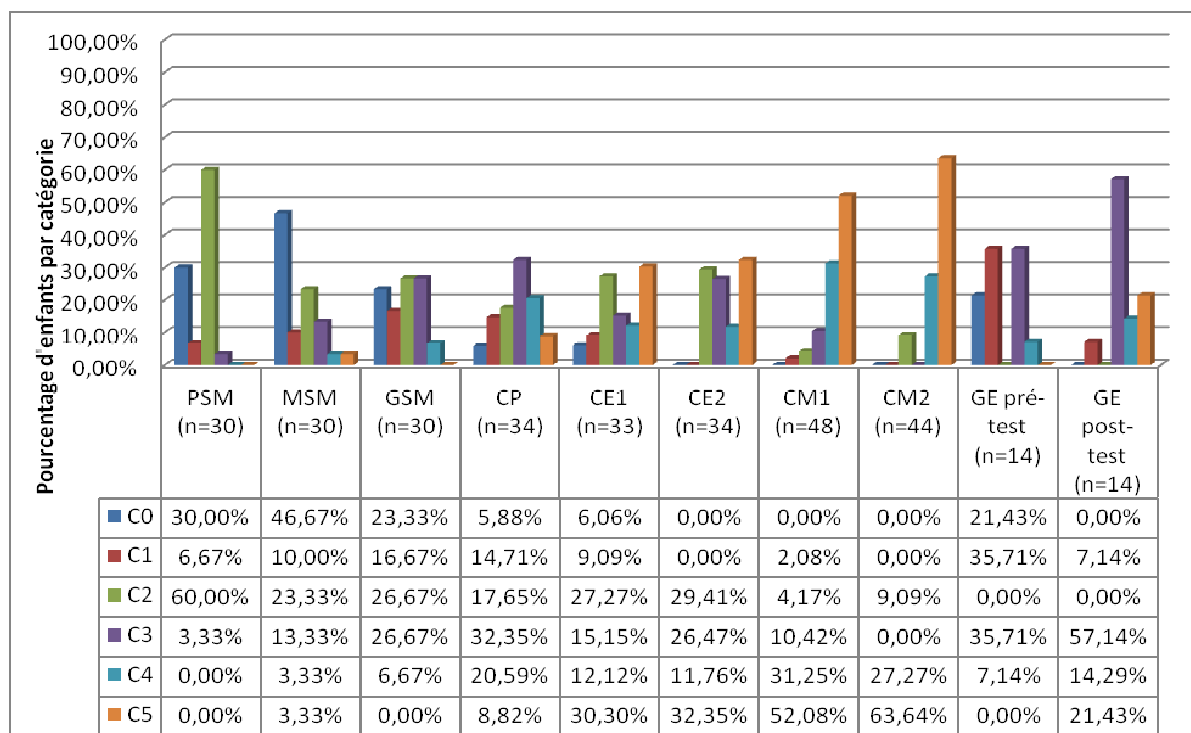


Figure 26 : Résultats du référentiel développemental ainsi que du groupe expérimental aux pré et post-test dans la modalité verbale [C0 (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectif)], C3 (traitement quasi-interobjectif) [ainsi que C4 et C5 (traitement interobjectif)]

En ce qui concerne la modalité graphique (*cf.* figure 27). Les résultats en C0 (hors modèle) de notre groupe expérimental sont les mêmes que ceux que nous avons constatés en CE2, CM1 et CM2 (disparition de cette catégorie, cela implique qu'aucun enfant ignore l'existence du phénomène). Dans le traitement intraobjectif (C1+C2) nous pouvons situer les résultats de notre groupe expérimental (14,29%) entre les résultats observés en CM2 (9,09%) et en CE2 (22,22%). Concernant la catégorie C3 (quasi-interobjectif), les résultats observés dans notre groupe expérimental (42,86%) sont supérieurs à tous les résultats observés dans le référentiel (même constat que pour la modalité verbale). Enfin, dans l'approche interobjectifale (C4+C5), notre groupe expérimental atteint un taux de 42,86%, ce résultat indique qu'il est possible de situer l'évolution entre les CE1 (39,39% et les CE2 (61,11%).

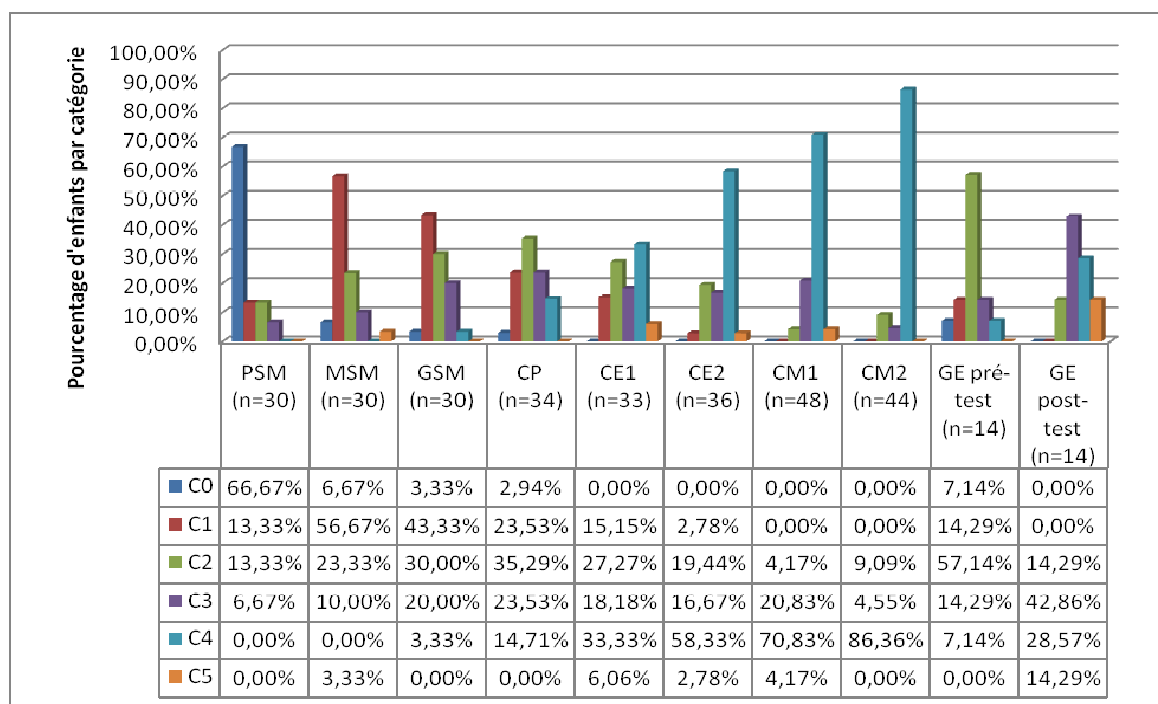


Figure 27 : Résultats du référentiel développemental ainsi que du groupe expérimental aux pré et post-test dans la modalité graphique [C0 (hors modèle)], [C1 et C2 (traitement intraobjectif)], [C3 (traitement quasi-interobjectif)] [C4 et C5 (traitement interobjectif)]

4. Analyse de la séquence d'enseignement

Cette série d'analyses commence avec une étude en termes de tours de parole afin de quantifier l'intervention de différents locuteurs dans la séquence didactique. La suite consistera à nous centrer sur l'intervention de chaque enfant afin de dégager quelques hypothèses à propos de la relation entre leurs interventions et leur évolution conceptuelle.

4.1. Analyse en termes de tours de parole

Les échanges verbaux entre l'enseignant, le chercheur et les enfants ont fait l'objet d'une transcription minutieuse (cf. annexe I, pp. 369-400), un découpage en tours de parole numérotés séquentiellement, transcription dans laquelle chaque locuteur a été identifié. Nous introduisons ci-après un tableau récapitulatif de la distribution de tours de parole de l'ensemble des locuteurs dans la séquence didactique.

Tableau 49 : Distribution du nombre de tours de parole concernant l'ensemble des locuteurs dans la séquence d'enseignement-apprentissage

Séance	Activité	Tours de parole enseignant (E)	Tours de parole chercheur (C)	Tours de parole enfants
1 ^{ère}	1 ^{ère} activité (n= 168)	51	34	83
	2 ^{ème} activité (n= 141)	50	26	65
	3 ^{ème} activité (n= 50)	25	0	25
Tours de parole 1 ^{ère} séance	359	126	60	173
2 ^{ème}	1 ^{ère} activité (n= 59)	25	0	34
+	2 ^{ème} activité (n= 50)	10	12	28
	3 ^{ème} activité (n= 34)	12	4	18
Tours de parole 2 ^{ème} séance	143	47	16	80
Tours de parole dans les deux séances	502	173	76	253

Le nombre de tours de parole des adultes et des enfants dans la totalité de la séquence d'enseignement-apprentissage est à peu près équivalent (*cf.* tableau 49), 173 interventions pour l'enseignant et 76 pour le chercheur ; cela fait un total de 249 interventions de côté des adultes *vs.* 253 interventions pour les enfants). Nous pouvons observer que la première séance a favorisé les échanges, les interventions étant plus nombreuses que dans la deuxième séance (359 *vs.* 143). Ceci est peut être dû à la nature des activités proposées, la première séance était composée entre autre, par le visionnement d'un film suivi d'une discussion qui suppose un effort cognitif moins « coûteux » que les activités de la deuxième séance qui sont plus complexes.

Analyse de la contribution des différents enfants aux échanges avec le maître et le chercheur exprimée en nombre de tours de parole

Nous constatons, à propos des interventions des enfants (*cf.* tableau 50) que certains d'entre eux se détachent du groupe. Loïc, Pau, Van, Flo et Dor comptabilisent, à eux cinq, un taux de 68% sur l'ensemble des prises de parole des enfants. Les 32% restants sont à distribuer entre les dix autres enfants du groupe classe, y compris les prises de parole se faisant de façon groupale (G) ainsi que les enfants non identifiables dans l'enregistrement vidéo de la séquence (ENI).

Au regard des résultats quantitatifs, il apparaît que les cinq enfants « grands parleurs » contribuent à la dynamique interactionnelle (Florin, 1995). Qu'ils ont un statut d'enfants « clés », c'est-à-dire des pairs plus experts dont on peut supposer qu'ils contribuent à ce que les autres enfants avancent dans la conceptualisation du phénomène.

Tableau 50 : *Tours de parole par enfant au cours des activités qui composent les deux séances de la séquence d'enseignement-apprentissage*

Prénom de l'enfant	1 ^{ère} séance						2 ^{ème} séance						Total tours de parole par enfant dans la séquence didactique	% tours de parole par enfant dans la séquence didactique
	1 ^{ère} activité		2 ^{ème} activité		3 ^{ème} activité		1 ^{ère} activité		2 ^{ème} activité		3 ^{ème} activité			
	Nombre de tours de parole	% de tours de parole	Nombre de tours de parole	% de tours de parole	Nombre de tours de parole	% de tours de parole	Nombre de tours de parole	% de tours de parole	Nombre de tours de parole	% de tours de parole	Nombre de tours de parole	% de tours de parole		
Loïc	32	38,55%	12	18,46%	5	20,00%	4	11,76%	5	17,86%	2	11,11%	60	23,72%
Pau	6	7,23%	10	15,38%	4	16,00%	1	2,94%	16	57,14%	4	22,22%	41	16,21%
Van	12	14,46%	11	16,92%	2	8,00%	1	2,94%	6	21,43%	1	5,56%	33	13,04%
Flo	9	10,84%	6	9,23%	1	4,00%	2	5,88%	0	0,00%	1	5,56%	19	7,51%
Dor	5	6,02%	6	9,23%	4	16,00%	1	2,94%	0	0,00%	2	11,11%	18	7,11%
Léa	4	4,82%	1	1,54%	1	4,00%	1	2,94%	0	0,00%	2	11,11%	9	3,56%
Man	0	0,00%	0	0,00%	5	20,00%	1	2,94%	0	0,00%	0	0,00%	6	2,37%
Fab	0	0,00%	2	3,08%	0	0,00%	2	5,88%	0	0,00%	0	0,00%	4	1,58%
Car	1	1,20%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	3,57%	1	5,56%	3	1,19%
Cam	1	1,20%	0	0,00%	0	0,00%	1	2,94%	0	0,00%	0	0,00%	2	0,79%
Ahm	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	2,94%	0	0,00%	1	5,56%	2	0,79%
Jul	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	2,94%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,40%
Ben	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	2,94%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,40%
Nic	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Sam	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
groupe et enfants non identifiés (G) (ENI)	13	15,66%	17	26,15%	3	12,00%	17	50,00%	0	0,00%	4	22,22%	54	21,34%
Total tours de parole enfants	83		65		25		34		28		18		253	

4.2. Relation entre la participation des enfants (nombre d'interventions) aux activités et la qualité de leurs évolutions

Dans le tableau 51, nous pouvons observer d'une part, l'évolution des enfants et d'autre part leur participation (en nombre d'interventions) à la séquence d'enseignement.

Nous constatons *a priori* que le nombre d'interventions n'est pas une condition *sine qua non* à l'évolution. Il s'avère que des enfants qui s'expriment peu ou pas du tout progressent

pareillement que ceux qui s'expriment beaucoup. Nous proposons donc de regarder la quantité des interventions afin de les mettre en relation avec la qualité des évolutions.

Tableau 51 : Relation entre l'évolution des enfants dans les deux registres d'expression et leurs interventions

	Prénom de l'enfant	Interventions des enfants en% et nombre	Modalité verbale évolution	Modalité graphique évolution
GRANDS PARLEURS	Loïc	23,72% (60)	+1 (C3 à C4)	+1 (C4 à C5)
	Pau	16,21% (41)	+1(C3 à C4)	+2 (C4 à C4)
	Van	13,04% (33)	+3(C2 à C5)	+1 (C3 à C4)
	Flo	7,51% (19)	absent	absent
	Dor	7,11% (18)	0 (C2 à C2)	+1 (C2 à C3)
PETITS PARLEURS	Léa	3,56% (9)	+2 (C2 à C4)	+1 (C3 à C4)
	Man	2,37% (6)	+1 (C1 à C2)	+3 (C2 à C5)
	Fab	1,58% (4)	0 (C2 à C2)	+2 (C2 à C4)
	Car	1,19% (3)	+1 (C2 à C3)	+1 (C2 à C3)
	Ahm	0,79% (2)	+3 (C0 à C3)	+1 (C1 à C2)
	Cam	0,79% (2)	+2 (C0 à C2)	+2 (C1 à C3)
	Ben	0,40% (1)	+1 (C1 à C2)	+3 (C0 à C3)
	Jul	0,40% (1)	+1 (C1 à C2)	+1 (C2 à C3)
	Nic	0,00% (0)	0 (C2 à C2)	+1 (C2 à C3)
	Sam	0,00% (0)	0 (C2 à C2)	0 (C2 à C2)

Au plan de la prise de parole, les trois enfants ayant participé le plus dans la séquence d'enseignement-apprentissage (Loïc, Pau et Van) présentent une qualité d'évolution qui est égale à un traitement interobjectif. Quelques uns atteignent un niveau C4, tel Loïc dans la modalité verbale, Pau dans les deux modalités et Van dans la modalité graphique. Deux enfants atteignent la catégorie C5. Dans ce cas nous trouvons Loi, dans la modalité graphique et Van, dans la modalité verbale.

Concernant la production graphique, Loïc exprime au chercheur l'envie de dessiner la situation réalisée en classe et de répondre aussi à la consigne donnée. C'est pour cela que nous pouvons observer dans sa production, à droite la situation d'enseignement, à gauche le dessin qui répond à la consigne (*cf.* figure 28).

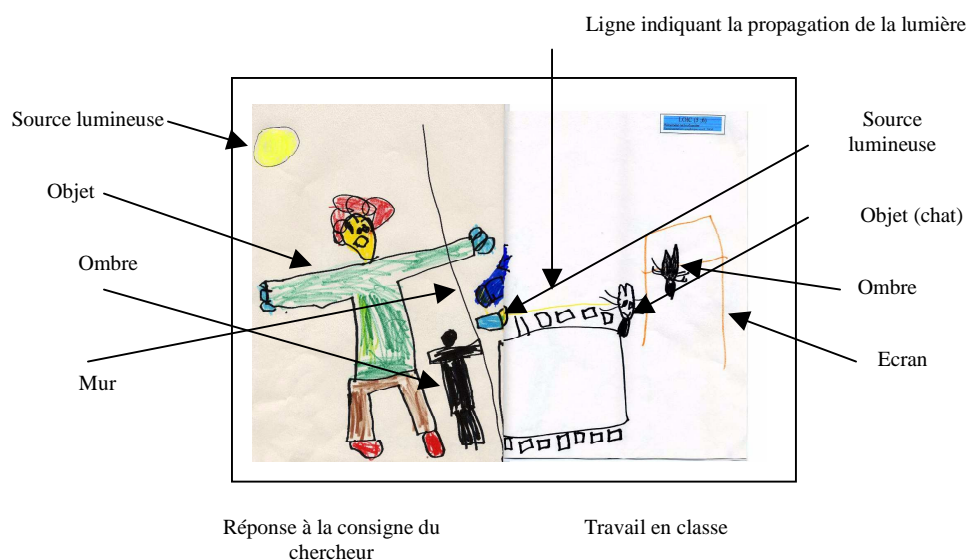


Figure 28 : Production graphique de Loïc (C5)

Tous les éléments constitutifs du phénomène sont présents et les multiples relations peuvent être observées dans l'espace graphique. Loïc atteint une lecture interobjectale du monde qui ne devrait pas lui être accessible avant l'âge de 7 ans (d'après les résultats obtenus par Devries, 1986 et Piaget, 1927).

En ce qui concerne Van, voici le contenu du discours montre une approche interobjectale C5 : « On a besoin du soleil, de l'électricité, de nous, du parquet, d'un écran, il faut les mélanger. Par exemple je suis là et le soleil est là (elle indique l'espace physique devant elle) donc, ça fait mon ombre derrière puisque je cache la lumière, si le soleil il est derrière moi, ça fait l'ombre devant moi. On peut faire l'ombre avec une lampe électrique et avec un objet, il faut mettre l'objet devant la lumière. On éteint toutes les lumières, on prend la lampe, on allume et on met l'objet et on a besoin du parquet ou d'un écran ».

Dans cet extrait, nous constatons la présence de tous les éléments constitutifs du phénomène ainsi que l'expression de la loi d'interposition.

D'autres enfants, dont la participation pendant la séquence est relativement faible progressent également. Nous retrouvons par exemple Man, qui atteint la catégorie interobjectale (C5) dans la modalité graphique, Lea qui appartient désormais à la catégorie interobjectale (C4) dans les deux modalités, Fab qui progresse jusqu'à la catégorie interobjectale (C4) dans sa production graphique et Ahm qui atteint la catégorie quasi-interobjectale dans sa production verbale.

Les enfants qui n'interviennent pas du tout ou très peu (1 ou 2 interventions), dans la séquence d'enseignement-apprentissage progressent peu (Nic, Ben, Car, Cam, Jul) ou pas du tout (Sam). Pour ceux ou celles qui progressent la qualité de l'évolution atteinte est au maximum de l'ordre du quasi-interobjectal (C3).

Nous pouvons constater que l'intervention des enfants a comme conséquence une qualité d'évolution majeure. Néanmoins au regard des résultats, nous pouvons aussi faire l'hypothèse suivante : même si l'enfant n'intervient pas oralement, il peut être très actif dans l'écoute ; le cheminement de l'autre (pair plus expert) l'aide à construire le concept et par conséquent à avancer dans le chemin conceptuel.

4.3. Relation entre la réussite ou l'échec aux activités de formalisation au cours de la SEA et l'évolution conceptuelle au plan graphique

Un autre regard à propos de l'analyse des résultats que nous proposons ci-après est celui de comprendre s'il y a une quelconque relation entre la réussite ou l'échec aux activités graphiques de formalisation et l'évolution conceptuelle au plan graphique. Rappelons-nous que chaque formalisation a fait l'objet d'une évaluation par le groupe classe. Dans ce sens, nous pensons que les constructions opérées au sein du groupe peuvent avoir une influence sur l'évolution conceptuelle. Il faut se rappeler, comme le signalent Gilly, Roux et

Trognon (1999) que les outils de pensée, tirent leurs origines des signes et, que les individus s'approprient les propriétés, dans les interactions sociales au cours desquelles, les fonctionnements interindividuels médiatisés par des signes peuvent aider et, enrichir les fonctionnements intra-individuels. Pour tester l'hypothèse d'un lien entre la réussite aux activités de formalisation et l'évolution conceptuelle, nous avons attribué un score de réussite aux activités de formalisation à chaque enfant (1 point si l'épreuve est réussie) ; ensuite, nous avons établi un tableau mettant en relation ce score avec l'évolution conceptuelle telle quelle se manifeste (*cf.* tableau 52).

Tableau 52 : *Relation entre l'évolution des enfants dans la modalité graphique et la réussite ou l'échec aux deux formalisations graphiques*

Réussite	Evolution graphique				TOTAL
	0	+1	+2	+3	
2		3	2	1	6
1		4	1	1	6
0	1	1			2
TOTAL	1	8	3	2	

Ces données traduisent une relation entre la réussite aux activités de formalisation graphique au cours de la SEA et l'évolution conceptuelle de l'enfant au plan graphique.

4.4. Analyse du fonctionnement de la séquence d'enseignement-apprentissage

Le fonctionnement de la séquence d'enseignement-apprentissage sera analysé selon trois axes : mise en place du cadre, les objets du discours des enfants susceptibles de rendre compte de l'évolution conceptuelle et l'étayage de l'enseignant.

Mise en place du cadre

Nous considérons ce point d'une très haute importance et c'est pour cela que nous avons choisi de l'analyser. Il est essentiel que les aspects contractuels de la communication (Rommetveit, 1976) qui sont liés au contexte situationnel soient présents et explicités. Dès

le début de toute interaction, les échanges entre interactants sont guidés par un ensemble de règles. Le contenu et la forme de leurs échanges vont être orientés à partir d'indicateurs *in situ* puis de leurs expériences sociales précédentes (Grossen, 1988 ; Schubauer-Leoni, 1986a).

A partir des contenus informationnels des interventions des adultes, nous avons cherché à rendre compte de la composante sociale spécifique de l'activité. Nous avons construit une grille d'analyse qui prend en compte quatre aspects relatifs aux caractéristiques sociales de l'activité scientifique. Ces aspects sont récapitulés dans le tableau 53.

Tableau 53 : *Quantification des tours de paroles des adultes (interventions de l'enseignant et du chercheur) à propos de caractéristiques sociales de l'activité scientifique*

	Spécification des rôles des acteurs	Accords intersubjectifs	Respect des règles de communication	Caractère explicite des procédés à employer ou employés (demande d'explicitation)
Exemples	212- Enseignant : on va vérifier tout ça, on va faire l'expérience, tient Paul tu vas placer la lumière où tu avais dit avant, et allumer la lampe 258- Enseignant : qui veut essayer d'obtenir l'ombre du verre ? Julia tu viens...	24- Enseignant : est-ce que tout le monde est d'accord avec Paul ? 396- Enseignant : ...tout le monde pense que le chat va devenir de plus en plus gros ?	45- Enseignant : vous levez le doigt pour parler, pas tous en même temps 75- Enseignant : oui c'est intéressant, écoutez ce qu'il a dit Loïc,...	47- Enseignant : du noir et de la lumière, très bien, mais est-ce qu'on a besoin d'autres choses ? 86- Chercheur : pourquoi ? 180- Enseignant : maintenant, j'aimerais bien que vous me disiez, on va prendre l'exemple de Paul qui place sa lampe ici et d'après vous, l'ombre elle va apparaître où ? 210. Chercheur : et toi, tu en penses quoi Vanessa ? 261- Enseignant : d'après vous, pourquoi est-ce qu'on ne voit pas bien l'ombre là ? 322.-Enseignant :Paul, tu peux nous expliquer ? 339- Enseignant : elle devrait être où l'ombre alors ?
Total tours de paroles 87/249 (35%)	11 (4,4%)	10 (4%)	11 (4,4%)	55 (22%)

- Spécification des rôles des acteurs

Cette rubrique concerne onze tours de parole de l'enseignant et du chercheur. L'enseignant et le chercheur invitent les enfants à coopérer : quelques uns font le choix des objets, d'autres placent les objets, d'autres observent. Les enfants permutent dans les différents rôles et toute liberté leur est laissée d'intervenir.

- Les accords intersubjectifs

Ceci concerne dix tours de parole des adultes dans lesquels il est question d'inviter les enfants à se mettre d'accord. Ces accords concernent les projets ainsi que la conceptualisation du phénomène. Ce point est très important puisque la connaissance scientifique doit être publique et partagée.

- Respect de règles de communication

Onze tours de parole des adultes ont été comptabilisés dans cette rubrique. La communication scientifique passe par le langage, l'enseignant et le chercheur ne manquent pas de rappeler les règles : parler chacun à son tour, écouter l'autre, nommer les choses par leur nom... Cet impératif de communication se traduit par de fréquentes formulations et reformulations des adultes intervenant dans l'activité : -demande d'explicitation, caractère explicite des procédés à employer ou employés ; -tout ce qui est fait et pensé doit être communiqué. Il s'agit ici d'un critère de scientificité importante, cette préoccupation est centrale comme l'attestent les cinquante-cinq tours de parole comptabilisés.

Les objets du discours des enfants susceptibles de rendre compte de l'évolution conceptuelle...

En ce qui concerne ce point, nous avons regardé tout d'abord les types de discours véhiculés par les dires des enfants tout au long de la séquence d'enseignement-apprentissage. La suite a été de repérer les aspects discursifs signifiants par rapport au processus de conceptualisation (traitement intra ou interobjectal).

L'objet du discours

Nous avons examiné l'objet du discours. Nous avons distingué quatre catégories : 1) description ou restitution, 2) prédiction, 3) constat et 4) explication par la relation cause-

effet ou par la mise en avant de certaines propriétés des objets telles la transparence, l'opacité (cf. tableau 54).

En ce qui concerne les types de discours exprimés par les enfants tout au long de la séquence d'enseignement-apprentissage, nous constatons cinquante-sept tours de parole au profit de la description de faits. Ce type d'intervention a été très important lors de la restitution du film. Les activités expérimentales ont donné lieu à l'expression de maintes prédictions (quarante-huit tours de parole). Cette stratégie de questionnement programmée (cf. chapitre 4, Stratégies pédagogiques, paragraphe 5.4, pp.170-171), qui consistait à faire exprimer des prédictions aux enfants avant toute manipulation a été respectée à 100%. Nous retrouvons aussi un discours en termes de constat (quarante-six tours de parole). Puis, seize tours de parole ont été comptabilisés, impliquant des mises en relation de cause à effet.

Tableau 54 : *Objet du discours des enfants*

	Description ou restitution	Prédiction	Constat	Explication par relation cause-effet ou par la mise en avant de certaines propriétés des objets telles la transparence ou l'opacité
Exemples	18. Un enfant : qu'il rentre à la maison avec son ombre, son nouvel ami	211. Van : j'ai dit que si on a la lumière devant le chat, la lumière elle ne pourra pas passer à travers le chat !	259. Loïc : avec le verre on ne voit pas trop bien l'ombre	274. Pau : c'est parce qu'il est transparent ! 276. Pau : il laisse passer la lumière
Total tours de parole 167/ 253 (66%)	57 (22,5%)	48 (19%)	46 (18%)	16 (6%)

L'expression du discontinu dans le discours des enfants

Le tableau suivant montre le traitement discontinu du réel que font les enfants tout au long de la séquence d'enseignement-apprentissage. Cette analyse repose sur le regroupement des propositions langagières par thème. Nous avons comptabilisé les propositions composées d'un seul argument. Ce type de traitement correspond à une approche

intraobjectale. Nous avons relevé un total de quarante-deux tours de parole. Même si les éléments sont énoncés de façon isolée, les enfants ont parlé de la totalité des objets nécessaire à la formation de l'ombre : source, objet, ombre, plan de projection.

Tableau 55 : *Les éléments constitutifs de la formation de l'ombre dans le discours des enfants pris en compte de façon isolée*

Objet du discours	Source	Objet	Ombre	Plan de projection
Exemples	131. Dor : le soleil 154. Loïc : la lumière forcément	137. Loïc : on a besoin de nous 255. Fab : d'un verre	365. Jul : l'ombre	146. Pau : du parquet 257. Pau : de l'écran
Total tours de parole 42/253 (16,6%)	19 (7,5%)	13 (5%)	2 (1%)	8 (3%)

L'expression des relations dans le discours des enfants

Dans quatre-vingt-onze tours de parole des enfants (*cf.* tableau 56), nous constatons une expression relationnelle. Ici nous avons relevé toutes les propositions langagières impliquant plusieurs arguments. Parfois les relations sont exprimées entre deux objets, d'autres fois entre trois ou quatre objets. Il est intéressant de relever que même si le nombre n'est pas trop élevé, l'expression de la loi d'interposition est présente dans le discours des enfants. Les relations entre le positionnement de la source lumineuse et de l'objet afin de mettre en avant la taille de l'ombre sont nombreuses (trente tours de parole). La mise en avant du rapport entre la transparence et l'opacité pour la formation de l'ombre est aussi un élément intéressant à retenir.

Tableau 56 : *Expression de relations dans le discours des enfants entre les différents éléments nécessaires à la construction de l'ombre*

Objet du discours	Relation objet et ombre	Relation source et ombre	Relation objet et plan de projection	Relation source objet et ombre	Relation source, objet, ombre et plan de projection	Explication par la loi d'interposition	Relation entre le positionnement de la source par rapport à l'objet et la taille de l'ombre	Relation entre les propriétés de transparence et opacité et la formation de l'ombre	Relation entre le nombre de sources et le nombre d'ombres
	369. ENI: on a besoin d'un animal, d'un objet pour faire l'ombre	23. Pau : l'ombre a disparu, parce que les nuages cachaient le soleil, le soleil qui fait l'ombre, parce que les nuages cachaient le soleil,	160. Loïc : de nous et du parquet sinon ça ne fait rien du tout	72. Van : de nous parce que s'il n'y a que le soleil, nous ne pouvons pas faire notre ombre	422. Van : de la lumière, d'un support et de nous	207. Van : il va cacher la lumière parce que la lumière ne peut pas passer à travers lui !	395. Pau : tellement on rapproche la lumière, l'ombre du chat va devenir de plus en plus grosse qu'on ne verra plus la lumière et plus rien du tout	271. Pau : c'est que le verre est transparent ! 276. Pau : il laisse passer la lumière	306. Flo : parce qu'il y a deux lumières !
Total tours de parole 91/253 (36%)	8 (3%)	15 (6%)	4 (1,5%)	14 (5,5%)	4 (1,5%)	2 (1%)	30 (11,85%)	9 (3,55%)	5 (2%)

4.5. L'étayage de l'enseignant

L'analyse qui va suivre cherchera à rendre compte des interactions entre les différentes constructions socio-cognitives opérées par le maître, le chercheur et les enfants, dans la séquence d'enseignement.

Notre corpus a été découpé en séquences puis en échanges, le début de chaque échange étant le changement d'objet du discours. Nous présenterons dans cette analyse cinq extraits afin de montrer comment les enfants ont évolué dans le processus de conceptualisation du phénomène.

Extrait a) :

Objet du discours : fabriquer une ombre

L'enseignant introduit, ouvre l'échange avec deux questions :

169. Enseignant : alors, comment on va s'y prendre pour la fabriquer cette ombre ? Il y a des choses que j'ai dans la main, vous allez m'expliquer et ensuite on va essayer de la faire, d'après toi, comment on va pouvoir la fabriquer ?

170. Lea: avec de la lumière.

Objet du discours : positionnement de la lumière

171. Enseignant : d'accord avec de la lumière, j'ai la lumière, ce sont de petites lampes de poche, on a alors la lumière, où est-ce qu'il faut que je place la lumière d'après vous pour obtenir l'ombre ?

172. (ENI) : ici, sur le chat

173. Enseignant : donc, il faut que je la place où, Dorian ?

174. Dor : devant

175. Enseignant : D fait ce que tu me dis mais n'allumes pas (D place la lumière face au chat)

176. Loic : moi à sa place, j'aurais fait autrement (L va placer la lumière derrière l'écran)

177. (ENI) : mais on ne va rien voir

178. Enseignant : et toi P, tu la placerais où ?

179. Pau : place la lumière en face du chat

Dans l'extrait a) nous pouvons constater que les enfants n'hésitent pas à exprimer des points de vue très diversifiés. Le maître tente de faire intervenir différents enfants, il favorise ainsi le face à face entre interactants avec la particularité que celui qui répond est l'interactant ciblé par celui qui introduit la discussion (dans la plupart du temps l'enseignant). Sauf dans le tour de parole 176 où un enfant s'invite à la discussion en

exprimant clairement un positionnement autre, face au problème posé. La diversité des prédictions montre la difficulté que pose ce type de niveau de traitement au plan cognitif. Anticiper un état futur, hypothétique et susceptible d'une évolution probable d'un objet perceptivement absent n'est pas chose facile.

Dans l'exemple qui suit nous avons fait le choix de présenter un extrait avec plusieurs objets de réflexion.

Extrait b) :

Objet de réflexion 1 : endroit de projection de l'ombre ?

180. Enseignant : maintenant, j'aimerais bien que vous me disiez, on va prendre l'exemple de P qui place sa lampe ici et d'après vous, l'ombre elle va apparaître où ?

181. Loic : et bah ! sur ça (L signale l'écran), le reflet il va là, passe au travers du chat et ensuite il va faire l'ombre là bas.

Objet de réflexion 2 : interception source-objet

182. Chercheur : L, est-ce que tu penses que la lumière va passer à travers le chat ?

183. (ENI) : certains disent oui, d'autres disent non

184. Chercheur : donc ça passe à travers le chat ?

185. Loic : non, ça va juste faire le reflet sur l'écran

186. Enseignant : tu veux dire l'ombre ?

187. Loic : oui.

Objet de réflexion 3 : endroit de projection de l'ombre ?

188. Enseignant : restons sur le premier exemple, nous mettons la lampe ici, donc on a besoin comme nous a dit Lea de la lumière, de l'objet : le chat, pour obtenir son ombre et Pau nous a dit qu'on va obtenir l'ombre. Où tu nous as dit Pau qu'on va obtenir l'ombre ?

189. Pau : on va obtenir l'ombre sur l'écran

190. Enseignant : alors on a besoin d'un support !

191. Chercheur : tout le monde est d'accord ?

192. Enseignant : alors est-ce que tout le monde est d'accord ? je place la lampe ici, nous allons vérifier, mais avant je veux savoir ce que vous en dites tous, Van tu es d'accord, est-ce qu'on va voir l'ombre sur l'écran ?

193. Van : je ne sais pas

194. Enseignant : tu penses qu'on va la voir où ?

195. Van : Je ne sais pas

196. Flo : moi je sais !

197. Enseignant : vas-y Flo, je t'écoute

198. Flo : sur l'écran

Objet de réflexion 4 : interposition source-objet

199. Dor : moi je dis qu'on ne va pas la voir parce que le chat va cacher son ombre

200. Chercheur : et pourquoi va-t-il cacher son ombre ?

201. Dor : parce qu'il est devant

202. Chercheur : devant quoi ?

203. Flo : devant son ombre !

204. Chercheur : est-ce qu'il est devant son ombre ?

205. ENI : tous les enfants crient non ! il est devant la lumière

206. Chercheur : alors Vanessa, crois-tu qu'il va cacher son ombre ? Que va-t-il se passer?

207. Van : il va cacher la lumière parce que la lumière ne peut pas passer à travers lui !

Plusieurs agents sont à l'origine des échanges dans les différents objets de réflexion : l'enseignant (extrait b objet de réflexion 1), le chercheur (extrait b objet de réflexion 2), l'enseignant (extrait b objet de réflexion 3) et un enfant (Dor, dans l'extrait b, objet de réflexion 4). Si nous regardons attentivement ce qui est dit, nous pouvons faire plusieurs constats :

Face au silence de l'enseignant après l'intervention de l'enfant en 181, le chercheur, en prenant appui sur la dernière partie de l'intervention de l'enfant change l'objet de réflexion vers l'interposition source-objet. Pour rappel, au vu des éléments constitutifs du modèle précurseur, l'interposition source-objet est l'expression la plus performante à atteindre. Cependant, l'enseignant en 188 revient à nouveau sur le positionnement de l'ombre, un changement de cap qui ne conduit pas les enfants vers des interventions très performantes, quelques « je ne sais pas » et une seule intervention donnant la réponse cherchée par l'enseignant : « l'écran ».

Tandis que le chercheur se focalise sur l'interposition source-objet, l'enseignant tente de faire verbaliser le besoin d'un support. Les deux perspectives ciblées sont importantes mais au regard du modèle développemental à construire l'expression de la nécessité d'un élément fait appelle à un traitement intraobjectal alors que le fait de faire réfléchir les

enfants sur la problématique d'interposition à trait à une approche interobjectale, relationnelle.

Celui qui tranche avec cette dissonance est un enfant (Dor, agent à l'origine dans l'objet de réflexion 4) en revenant sur la problématique d'interposition. Cet extrait est particulièrement intéressant, notamment parce que nous sommes encore dans le niveau prédictif c'est-à-dire qu'aucune expérimentation a été effectuée. Ceci amène Van en 207 à exprimer de façon prédictive la loi d'interposition alors que, le même enfant avait exprimé par deux fois (193 et 195) ignorer la réponse à la question : « où allons nous voir l'ombre ? »

Extrait C) :

Objet de réflexion : interposition source-objet

132. Enseignant : le soleil peut donner de la lumière très bien, autre chose peut nous donner de la lumière, Loïc ?

133. Loïc : de l'électricité et puis quand il y a de la lumière là-haut et là, il y a l'ombre du pied de Paul (l'enfant montre le pied de son copain et montre l'ombre projetée par terre)

134. Enseignant : moi je ne t'ai pas posé cette question, Vanessa

135. Vanessa : de la lumière, parce que tu l'as déjà posé dans ta question

136. Enseignant : donc on en a besoin de la lumière pour voir notre ombre, et on a besoin de quoi encore, Loïc

137. Loïc : on a besoin de nous

138. Enseignant : très bien, on a besoin de nous

139. Chercheur : est-ce que Loïc peut nous remonter, comme tout à l'heure, le pied de son copain, pourquoi tu as fait ça, pour nous montrer quoi ?

140. Loïc : l'enfant reprend le pied de son copain, signale l'ombre projetée par terre et indique l'ombre en-dessous du pied.

141. Enseignant : donc réfléchissez, regardez (l'enseignant prend le pied de Paul), la lumière elle vient d'où Loïc

142. Loïc : de là bas (l'enfant signale la source lumineuse), de l'électricité

143. Enseignant : on a besoin donc de Paul et de quoi encore.

144. Loïc : de vêtements, de chaussures pour que ça fasse vraiment la forme de son pied

145. Enseignant : attends Loïc, là tu dis trop de choses, on se concentre, écoutez bien ma question, on a dit qu'on avait besoin de la lumière qui provenait de l'électricité ou du soleil, d'accord, on a dit qu'on avait besoin de nous, par exemple de Paul pour avoir l'ombre, mais on a besoin de quoi d'autre pour la voir cette ombre, Paul

146. Paul : du parquet

147. Enseignant : on a besoin du parquet par exemple

148. Paul : sinon on ne peut pas la voir

149. Enseignant : très bien

Dans cet extrait, l'enseignant passe outre l'intervention de Luc, comme si ce qui l'intéressait était l'énonciation d'éléments isolés (explication intra objectale). La régulation du chercheur (139) a pu déclencher chez le maître une prise de conscience. En effet, l'enseignant avait fermé l'espace d'expression de l'enfant de façon abrupte (134) et après la nouvelle intervention de Luc (140), à la suite de la régulation du chercheur-accompagnateur, il relance l'interaction, reprend les dires de l'enfant et s'intéresse à sa proposition.

Les deux dernières analyses que nous venons de faire mettent en évidence que les productions des enfants sont très liées aux exigences des adultes. Dans le cadre de notre analyse, la régulation du chercheur et son choix de maintenir des exigences intellectuelles fortes font prendre conscience à l'enseignant de la nécessité du changement de cap afin de permettre aux enfants d'atteindre une approche interobjectale.

Gestion d'une controverse

La troisième activité de la première séance (travail de formalisation) a donné lieu notamment à un traitement centré sur la description et l'explication ainsi qu'une place importante à la confrontation d'idées. Nous allons analyser un échange source de controverse entre plusieurs enfants.

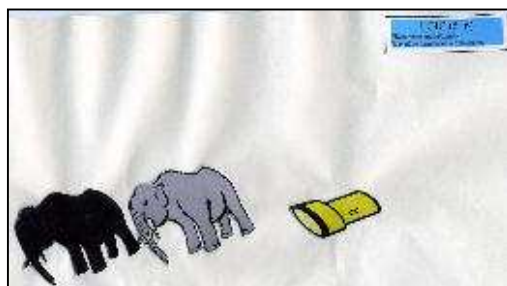


Photo 7 : Photographie de la production de L qui a été au cœur du débat

Extrait d) :

Objet de réflexion : le sens dans le positionnement des éléments nécessaires à la fabrication de l'ombre

341. Enseignant : alors, très intéressant ce qu'a fait Loïc, tu es d'accord avec lui Dorian ?

342. Dor : non

343. Enseignant : pourquoi ?

344. Dor : parce que celui-là (l'éléphant), il doit le mettre de l'autre côté et la lumière aussi, il met la feuille dans l'autre sens, parce que sinon son prénom, il ne sera pas du bon côté

345. Enseignant : alors, pour toi, c'est une question de sens, oui, je comprends, c'est parce qu'il ne l'a pas mis dans le sens de la lecture ? Et si on les laisse comme ça, est-ce que c'est bon ?

346. (ENI) : non

347. Loïc se lève de sa chaise et dit : je ne suis pas d'accord

348. Enseignant : explique-toi Loïc

349. Loïc : parce qu'en fait, la lampe, elle est là, l'éléphant est là, s'il est dans ce sens là, on met l'ombre dans ce sens là, ils sont du même côté, ils sont bien mis, c'est bien

350. Enseignant : mais attendez, c'est bien, regardez Ben, je vous reprends le travail de Ben ainsi que celui de Pau, la lampe on n'est pas obligé de la mettre toujours du même côté, regarde il n'y a pas de sens, pourquoi Loïc il n'aurait pas le droit de la mettre dans un autre endroit , c'est très bien ce qu'il a fait Loïc.

Ici nous pouvons constater comment se crée au fur et à mesure du débat un noyau constitué par plusieurs enfants, une approche dans l'interactivité nous autorisant à penser que les interactants traitent d'un même problème. « L'intersubjectivité, écrit Alain Trognon (1990), est la subjectivité qui fait lien, qui est entre : c'est parce qu'ils se l'attribuent réciproquement que les interlocuteurs peuvent interagir. Cela ne signifie pas que son contenu précis soit donné dès le départ de l'interaction, car c'est dans celle-ci qu'il s'élabore et s'expérimente » (Trognon, 1990, p.206).

D'autre part, l'enseignant met en place une médiation, l'idée de médiation est associée à l'idée qu'entre le sujet qui apprend et le savoir, il y a un système médiateur permettant au

sujet de s'en saisir de telle sorte qu'il puisse en être transformé (Weil-Barais & Restaschweitzer, 2008). L'enseignant est dans une médiation cognitive, il fait comprendre que le sens qu'il faut respecter dans l'écriture n'a pas sa place dans le problème de la construction de l'ombre (345,350). Il montre des exemples. Il essaie par cela de réduire les conflits et les incompatibilités cognitives afin de déclencher un processus de prise de conscience et de consensus. L'objectif étant de faire construire aux enfants un savoir commun.

Nous allons terminer cette série d'analyses avec un exemple extrait de la deuxième séance qui se déroule au cours de la deuxième activité ; il rend compte de la relation source-objet-ombre (besoin d'un traitement de type interobjectif).

Extrait e) :

Objet de réflexion : besoin d'un traitement relationnel interobjectif

421. Chercheur : Alors, de quoi avons-nous besoin pour faire l'ombre ?

422. Van : de la lumière, d'un support et de nous

423. Chercheur : Est-ce qu'on peut utiliser tout ça séparément pour faire l'ombre ?

424. Van et Pau : non !

425. Van : sinon, on ne peut pas faire l'ombre !

426. Pau : il faut les mélanger !

427. Chercheur : comment ça les mélanger !

428. Pau : on prend tout et on fait l'ombre, il faut faire l'ombre avec tout, si nous n'avons pas tout ce qu'il faut, alors on ne peut pas faire l'ombre. Il faut la lumière, un objet et un support.

Dans cet extrait nous observons comment chaque énoncé apporte du nouveau avec plusieurs orientations liées à cette situation. Le point le plus intéressant à relever est celui qui a trait à une approche interobjectale. L'enfant parle de « mélanger » afin d'indiquer l'interaction de tous les éléments.

Les points qui traversent l'extrait rapportés ici sont la possibilité de prédire un résultat, de faire une hypothèse, la place de la preuve, la nécessité d'argumenter. Nous observons de même, que le concept d'ombre ne préexiste pas aux échanges ; c'est dans l'interaction qu'il prend forme, qu'il se construit, qu'il émerge ; si toutefois l'adulte accorde de l'attention aux dires des enfants. On relèvera les nombreuses reformulations de la part de l'enseignant et du chercheur dans l'optique de s'assurer qu'il y a eu effectivement partage de signification (Bernicot & al., 1997).

5. Conclusion

Les objectifs de ce chapitre ont été d'évaluer les effets de l'intervention, situer les progrès et étudier le processus de développement de la conceptualisation chez les enfants de GSM de notre groupe expérimental.

Les données de l'expérimentation que nous avons conduite en situation scolaire apportent des éléments pour nourrir le débat concernant la pertinence de l'initiation scientifique des jeunes enfants, notamment, lorsque le médiateur met en place un dispositif à visée développementale, comme ce fut le cas dans la séquence d'enseignement-apprentissage ayant fait l'objet de l'étude.

Des progrès très nets ont été enregistrés entre le pré-test où les enfants ont été interrogés individuellement et le post-test, utilisant la même méthode d'investigation, deux mois après

la fin de la séquence d'enseignement. Nous pouvons faire l'hypothèse d'une mise en mouvement de la pensée, conséquence de l'exposition des enfants à la séquence d'enseignement. Un résultat observé confirme cette hypothèse : un enfant absent aux deux séances d'apprentissage (Sam) reste stable, il ne progresse pas du tout (même niveau que celui de départ, deux mois après l'intervention).

Les progrès ont été analysés au plan de la conceptualisation de l'ombre : il existe un nombre non négligeable d'enfants qui progressent (dix sur quinze dans le registre verbal et treize sur quatorze dans le registre graphique). Certains se sont centrés sur les relations entre objets, ce qu'ils ne faisaient pas préalablement (quatre enfants sur quinze dans la modalité verbale ; neuf enfants sur quinze dans la modalité graphique). La conceptualisation du phénomène atteinte par les enfants intervenant dans notre étude est beaucoup plus nette que celle des enfants intervenant dans la recherche de Dumas Carré et al. (2003), dans un contexte d'étude assez différent où les enfants ont conceptualisé les éléments (objets) de façon isolée, manifestant des difficultés notoires à insérer ces éléments dans un groupement de transformations relationnelles et solidaires (étude réalisée sur le mode verbal uniquement). Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer ces différences. D'une part, nous avons sollicité l'utilisation du mode graphique : ceci a pu aider les enfants à exprimer des propriétés relationnelles. L'espace en deux dimensions (dessins et formalisations graphiques à l'aide de gommettes), auquel les enfants ont été confrontés, a pu les inciter à la mise en place des relations spatiales interobjectales.

D'autre part, nous avons permis aux enfants de manipuler la source lumineuse ; partant des remarques critiques des auteurs concernant l'inconvénient d'une source lumineuse fixe, au plan de la prise en compte par les enfants du rôle de la source dans la formation

des ombres. Ceci a peut-être eu également un impact dans l'appréhension du phénomène physique dans sa globalité avec des relations spatiales précises à établir entre les différents objets pour la formation de l'ombre.

Le niveau de conceptualisation atteint par les enfants est assez encourageant en termes de résultats : le groupe expérimental se situe entre le niveau CP et CE1 dans le registre verbal et au niveau CE2-CM2 dans le registre graphique. Indépendamment de l'impact des activités proposées aux enfants dans le cadre de la SEA, d'autres facteurs ont pu jouer un rôle favorable : la collaboration et l'entente entre l'enseignant et le chercheur sur la façon d'aborder la science, sur la stratégie pédagogique mise en place, sur les objectifs du développement cognitif.

Par rapport à l'évaluation qui a été faite de la séquence d'enseignement-apprentissage, même si nous avons utilisé un modèle développemental, on peut se demander si on évalue bien un développement ou un simple apprentissage. Pour en être assuré, il faudrait vérifier que les enfants abordent un autre phénomène à partir du niveau conceptuel acquis. Cela n'a pas été possible parce que nous ne disposons pas d'une SEA portant sur un autre phénomène impliquant un traitement interobjectif validée et adaptée à des enfants de GSM. C'est pourquoi nous avons conçu et mis en œuvre une nouvelle SEA, dans la perspective de pouvoir l'utiliser dans une recherche ultérieure, au titre de la validation d'un effet développemental. Ce travail est présenté dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 9. UNE SEQUENCE EXPERIMENTALE CONCERNANT LE PHENOMENE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA FABRICATION DU BEURRE

Résumé du chapitre

Ce chapitre présente une expérimentation que nous avons conduite auprès d'enfants de GSM à propos de la fabrication du beurre. Il s'agit d'éprouver la faisabilité d'une séquence d'enseignement-apprentissage qui propose un modèle précurseur faisant intervenir un transfert d'énergie mécanique ayant pour effet la modification de l'assemblage moléculaire : le beurre est le résultat d'une action mécanique sur la crème.

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons la méthodologie puis l'évaluation de l'intervention. Si notre objectif premier est celui de prouver la faisabilité de ce type de contenu, il est capital de garder à l'esprit qu'un autre objectif aussi important est à envisager si le premier s'avère certain. Cet autre objectif est celui de pouvoir entreprendre (dans un travail de post-doctorat) une expérimentation plus longue où les enfants travailleraient successivement l'ombre puis le beurre afin de tenter de déterminer si l'initiation scientifique précoce peut s'avérer un accélérateur du développement.

2. Descriptif de l'étude

L'étude comporte trois phases : une première phase consacrée à des entretiens individuels (pré-tests). Une seconde phase correspondant à la séquence d'enseignement-apprentissage : laquelle s'est déroulée sur six séances de travail de vingt minutes chacune ; et une troisième

phase est consacrée à des entretiens individuels (post-tests) du même type que ceux conduits dans la première phase. L'intervalle entre les premiers entretiens et la séquence d'enseignement est d'environ un mois. La deuxième série d'entretiens (post-tests) a été réalisée deux mois après la fin de la séquence d'enseignement-apprentissage. Les enfants et leurs parents étaient informés de la mise en place d'une expérience innovante au sein de l'école où s'est déroulée l'étude, avec le soutien de la directrice.

2.1. Objectifs de l'étude

L'objectif premier étant de tester la faisabilité de ce type de travail auprès d'enfants en GSM à propos du phénomène impliquant des aspects physico-chimiques. D'avoir des indications sur les explications formulées par les enfants avant et après séquence d'enseignement-apprentissage.

3. Population

L'échantillon est composé de 22 enfants, 7 garçons et 15 filles âgés de 5 ans 1 mois à 6 ans au moment de l'étude, normalement scolarisés en GSM (grande section de maternelle, aucun retard, aucune avance), dans une école publique de la banlieue sud de Paris. La moyenne d'âge de l'échantillon total est de 5 ans 5 mois. Les enfants appartiennent à des catégories socio-économiques diversifiées comme en atteste la profession des parents (*cf.* tableau 1 p. 4 du CD ROM SEA à propos de la fabrication du beurre).

4. Protocole d'investigation

Des entretiens : pré-tests et post-tests ont été conduits par le chercheur, avec l'accord de l'enseignant habituel des enfants, de la directrice de l'établissement et des parents. Les enfants sont interrogés individuellement et sont informés que leurs réponses ne seront

utilisées que dans le cadre de notre étude, de manière anonyme. Deux modes de réponses ont été sollicités : verbal et graphique.

4.1. *Entretiens pré et post-test*

La totalité de l'échantillon a été soumis à un pré-test. L'objectif étant d'explorer les conceptions naïves des enfants, afin de situer leur palier de développement. Nous allons considérer ce palier comme étant le « niveau actuel du développement » qui sera mis en correspondance, plus tard, avec les données recueillies dans le post-test. Cette première phase permet de repérer les éléments qui font obstacle, qui empêchent l'enfant de construire les éléments du « modèle précurseur » (*cf.* chapitre 3 paragraphe 4.2). Par ailleurs, pour les post-tests nous avons suivi la même démarche que pour les pré-tests.

Dans la mise en correspondance des pré et post-tests nous espérons rendre compte de l'incidence des activités conduites en classe sur les conceptualisations des enfants.

Nous introduisons ci-après le tableau 57 correspondant aux questions et à la consigne.


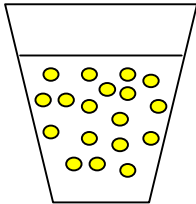
Tableau 57 : *Questions et consignes dans les entretiens pré-test et post-test dans les modalités verbale et graphique*


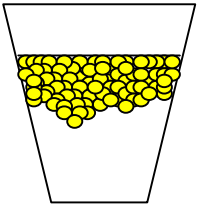
Questions	Objectifs
De quoi a-t-on besoin pour faire du beurre ? Qu'est-ce qu'il faut faire pour faire du beurre ?	Introduire le thème de conversation afin de connaître la signification que les enfants donnent au mot beurre. Les amener à décrire le processus nécessaire à la fabrication
Consigne	
Il faut dessiner tout ce dont tu as besoin pour faire du beurre ?	

En ce qui concerne la modalité graphique en post-test, nous présentons aux enfants une feuille A4 sur laquelle deux éléments sont présents (*cf.* figure 29) et nous leur demandons de compléter le schéma avec ce qui manque au milieu pour pouvoir passer de la crème au beurre. Une fois que l'enfant a complété le dessin, nous l'interrogeons à ce sujet (*cf.* tableau 58)

Post-test : entretien après séquence d'enseignement

Prénom et âge de l'enfant :

Consigne : pourrais-tu dessiner ce qui manque au milieu des deux dessins et m'expliquer comment on fait pour fabriquer du beurre avec la crème ?

Figure 29 : Travail à compléter présenté aux enfants dans le post-test

Tableau 58 : Questions posées aux enfants concernant la phase du schéma à compléter lors du post-test

Questions	Objectifs
Question n°1 Pourrais-tu me dire ce qu'il y a à l'intérieur de la crème et du beurre qu'on ne peut pas voir, regarde ce dessin et essaie de m'expliquer ce qui se passe ?	Cette question suggère l'existence des composants de la matière non visibles. L'objectif est d'apprécier la disponibilité de cette idée.
Question n°2 ²² Avec quoi ou comment se fait, se produit ce changement, (transformation, modification).	Celui qui questionne a pour objectif de susciter une conceptualisation de la transformation.

²² Cette question n'est posée que si l'enfant évoque un changement, une transformation ou une modification. L'entretien reprend les termes utilisés par l'enfant.

5. Séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre

La séquence d'enseignement-apprentissage comprend six séances se déroulant à une semaine d'intervalle chacune. Dans cette phase, l'intervenant est l'enseignant habituel des enfants. Le chercheur observe chaque séance et réalise des enregistrements vidéo afin de pouvoir les analyser, *a posteriori*. Nous présentons, ci-après, un tableau récapitulatif des activités (elles sont détaillées dans le paragraphe 10 du chapitre) réalisées lors des six séances basées sur une approche hypothético-déductive (*cf.* tableau 59).

Tableau 59 : Contenu des séances de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la fabrication du beurre

N° de séance	Thèmes abordés
1 ^{ère} séance	Activité 1 : Présentation du thème au moyen d'un artefact (image), commentaire d'une image mettant en scène le beurre. Activité 2 : Emission des hypothèses sur le processus de fabrication du beurre.
2 ^{ème} séance	Activité 1 : Rappel des hypothèses Activité 2 : Réalisation d'expériences par les enfants afin de tester les hypothèses émises lors des activités précédentes (mélange des produits –mise au réfrigérateur).
3 ^{ème} séance	Activité 1 : Rappel des prédictions et des expériences réalisées lors de la séance précédente. Activité 2 : Confrontation des prédictions aux résultats des expériences.
4 ^{ème} séance	Activité 1 : Rappel des prédictions et des résultats des expériences précédentes. Emission d'une nouvelle hypothèses et conception de l'expérimentation (cuisson). Consignes de sécurité. Activité 2 : Réalisation de l'expérience (cuisson). Activité 3 : Dégustation du lait entier et écrémé pour découvrir les différences, constats. Apport d'informations à propos de la matière grasse. Suite de l'activité 2 : Lecture de l'expérience avec confrontation de l'hypothèse.
5 ^{ème} séance	Activité 1 : Vérification de la prédiction : crème + machine par l'expérimentation, réalisée en deux groupes, le premier travaillant avec un batteur électrique et le second avec un fouet. Seront utilisés deux types de crème à 15% et à 40% de matière grasse Activité 2 : Mise en commun, discussion, constats.
6 ^{ème} séance	Activité 1 : Rappel de la dernière expérimentation. Activité 2 : Réalisation d'un travail de formalisation, finalisation des hypothèses et des résultats.

L'artefact utilisé dans la première séance est une image dans laquelle il est possible d'observer une vache et un enfant avec un panier où se trouvent plusieurs aliments dont du

beurre. Il s'agit d'introduire le thème, de convoquer un référent empirique et de faire exprimer les propriétés du beurre connues par les enfants.

Des objets ainsi que des aliments ont été utilisés pour les activités expérimentales : coupelles, cuillères, batteur électrique, fourchette, réfrigérateur, œufs, farine, huile, sel, etc.

Dans la dernière séance, dédiée à la formalisation, des gommettes représentant les différents objets évoqués et utilisés au cours des phases de prédiction et d'expérimentation ont été mis à disposition des enfants. A l'aide d'une feuille où sont déjà collés sur le cercle de gauche, l'image du beurre et sur le cercle de droite, la même image mais barrée, pour renforcer la consigne, les enfants doivent classer les objets et les positionner.

Le matériel utilisé : une feuille A3 sur laquelle sont présents deux cercles. (cf. figure 30) puis une enveloppe par enfant avec des représentations de différents objets (cf. figure 31), pinceaux et colle.

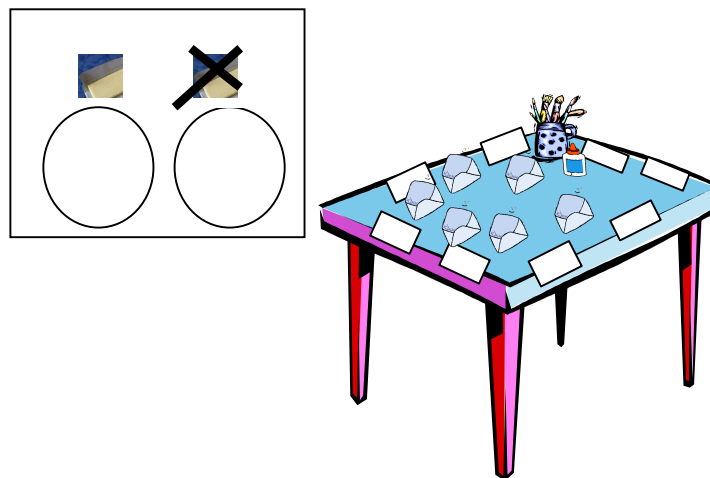


Figure 30 : Représentation du travail graphique de formalisation

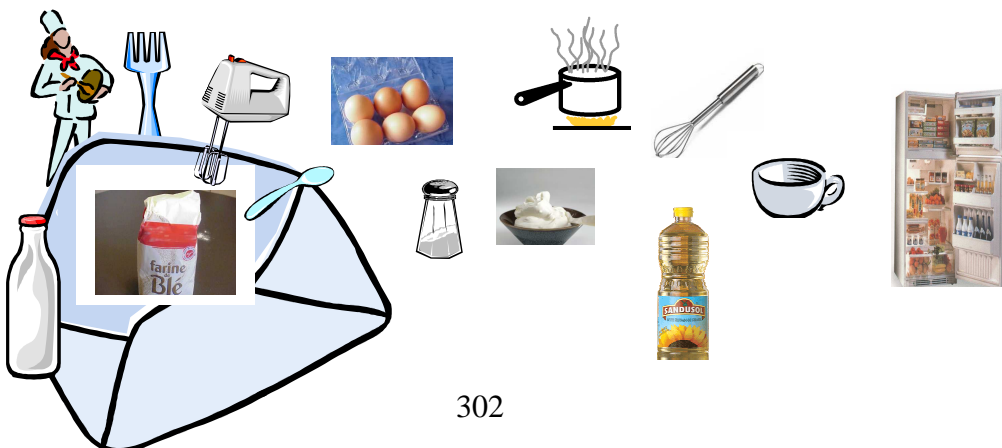


Figure 31 : Présentation du contenu de l'enveloppe donnée à chaque enfant pour le travail de formalisation

6. Chronique de la séquence d'enseignement-apprentissage

D'après les enregistrements vidéo réalisés, une chronique de la séquence d'enseignement-apprentissage a été établie. Tous les enregistrements ont fait l'objet d'une transcription minutieuse où chaque locuteur a été identifié (*cf.* annexe II, pp. 401-484).

6.1. Première séance : lecture d'image et prédictions

Cette séance commence par une lecture d'image. Pendant les tours de parole 1 à 42, il est question d'une description générale de l'image. C'est seulement au tour de parole 43 qu'un enfant nomme le beurre. Ensuite une succession de tours de parole (44 au 54) a pour thème : les endroits où les enfants peuvent trouver du beurre, ainsi que des explications mettant en relation le beurre et la chaleur et le beurre et le froid. Au tour de parole 54 l'enseignant montre une plaquette de beurre. Les enfants expriment des propriétés du beurre, telle la couleur et parlent du changement d'état (solide et liquide) sous l'influence de la chaleur et du froid (tours de parole 55 jusqu'au 140). C'est au tour de parole 141 que l'enseignant pose la question de la provenance du beurre. La plupart des enfants dit que le beurre est fait à partir du lait (tours de parole 142 jusqu'au 171). Puis à partir du tour de parole 172 jusqu'à la fin de la séance (tour de parole 307) les enfants expriment différentes prédictions que sont regroupées et représentées au tableau à l'aide de dessins par l'enseignant. Ce travail est représenté dans la figure 32.



Figure 32 : Prédictions des enfants (1 à 4) à propos de la fabrication du beurre

6.2. Deuxième séance : mise en place des expériences en relation avec les prédictions

La séance commence par un rappel des prédictions 1, 2, 3 et 4 (tours de parole 308 au 352).

Ensuite l'enseignant soulève un linge sous lequel se trouvent tous les ingrédients nécessaire pour faire les expériences proposées par les enfants. Les photos 8 à 10 montrent cette activité.

Les expériences sont réalisées par différents enfants sollicités par l'enseignant. Les enfants expliquent les expériences, au fur et à mesure qu'ils les réalisent (tours de parole 353 jusqu'au 468).

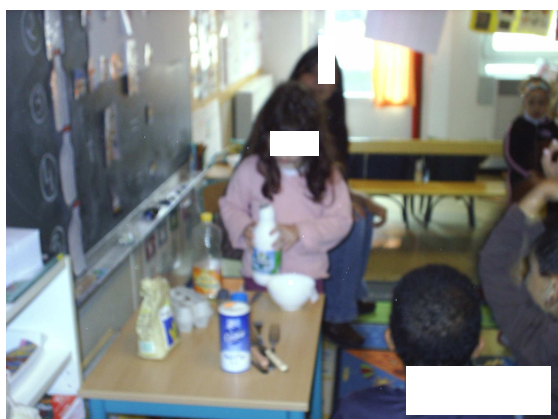


Photo 8 : Réalisation prédiction 1

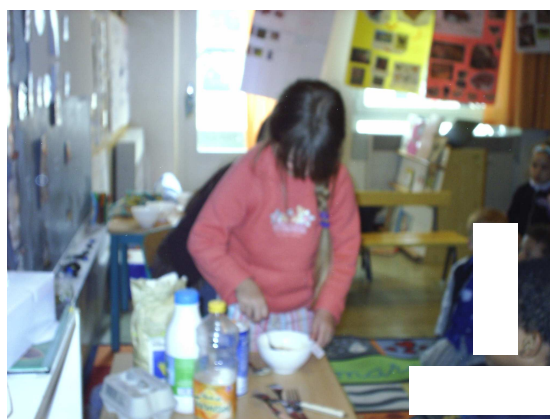


Photo 9 : Réalisation prédiction 2



Photo 10: Réalisation des préparations (1 à 4)

La séance se termine avec quatre préparations qui resteront dans le réfrigérateur de l'école jusqu'à la prochaine séance.

6.3. Troisième séance : vérification des résultats et constats

La séance commence par la lecture des résultats des expériences en les confrontant aux prédictions. Tout le monde est d'accord qu'aucun des quatre mélanges effectués ne produit du beurre (tours de parole 469 au 602). Puis un enfant fait référence à une hypothèse supplémentaire (tour de parole 605, prédiction 5 *cf.* figure 33) et tout le groupe est d'accord pour mettre en place une nouvelle expérience dans la séance suivante.

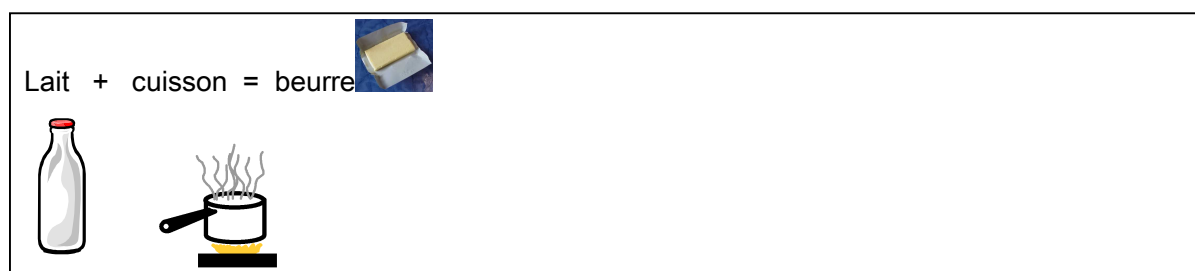


Figure 33 : Prédiction 5

6.4. Quatrième séance : une nouvelle prédiction, une nouvelle expérience

Dans cette séance nous assistons à la réalisation de la prédiction 5 : lait + cuisson = beurre.

Du fait que cette expérience nécessite l'utilisation d'une plaque de cuisson, l'enseignant donne les consignes de sécurité nécessaires au bon déroulement de l'activité (cette manipulation est effectuée en partie par l'adulte qui encadre le groupe). Un enfant est désigné pour faire l'expérience avec l'enseignant (tours de parole 673-694). Les photos 11 et 12 illustrent cette activité.



Photo 11 : Expérimentation de la prédiction 5



Photo 12 : Cuisson du lait

Pendant que le lait chauffe et que la préparation refroidit, l'enseignant propose une nouvelle activité : dégustation du lait entier et écrémé pour découvrir les différences et ainsi introduire la notion de matière grasse (tour de parole 695) (cf. photo 13). Les enfants goûtent et commencent à donner leurs impressions (tours de parole 696 au 751).



Photo 13 : Dégustation du lait entier et écrémé

C'est au tour de parole 752 que l'enseignant commence à introduire la notion de matière grasse. Des échanges se sont succédé à propos du thème (nous trouvons de la matière grasse dans la viande, dans le jambon...). Puis l'enseignant montre sur une feuille les traces laissées par la crème, l'huile, mettant ainsi en évidence la présence de gras (tours de parole 795) (cf. photo 14). Faisant suite à cette démonstration, il est mis en évidence la possibilité d'identifier les traces de gras mais la question se pose à propos des composants invisibles du

gras (797). Les enfants s'expriment sur le fait qu'il est impossible de percevoir le gras dans le lait ou bien dans l'huile et les preuves de l'existence du gras se centrent sur l'expérience sensible (798-807).



Photo 14 : L'enseignant montre les traces de la matière grasse

A partir du tour de parole 808 l'enseignant explique à l'aide d'un schéma la phase du lait et de la crème (émulsion d'huile dans l'eau) en indiquant qu'à l'intérieur de chaque produit, les petites boules de gras se présentant « comme si elles étaient en train de se balader dans le liquide » (schéma représenté dans la photo 15).



Photo 15 : Schématisation de la matière grasse dans la crème

La suite des échanges (tours de parole 814 au 851) fait référence à la différence entre le lait entier et écrémé en relation avec le concept de matière grasse. A partir de ce moment l'enseignant revient sur les résultats de l'expérience réalisée en début de séance (852). Une succession de constats est formulée : c'est de la peau, c'est du beurre, de la graisse, pas encore du beurre, de la crème grasse (863-882) (cf. photo 16). Les interactants arrivent à un consensus : il faut faire une nouvelle expérimentation mais cette fois-ci avec de la crème (883-895).



Photo 16 : Résultat de la prédiction 5, formation de la crème en surface après refroidissement

6.5. Cinquième séance : faire du beurre à partir de la crème

La séance débute avec un récapitulatif des points travaillés précédemment (tours de parole 896-930) : résultats de l'expérience mise en place suite à la prédiction n°5, la différence entre lait entier et écrémé, la notion de matière grasse (« du lait entier cela veut dire qu'il ya des petits trucs jaunes, le gras à l'intérieur mais on le voit pas, ils sont tout petits rikiki... ») .

A partir du tour de parole 936, le discours est centré sur la crème, puis en 945 un enfant fait référence à l'utilisation d'une machine.

L'enseignant présente aux enfants un batteur, ils nomment la fonction de l'appareil : « il sert à mélanger » puis ensuite d'autres propositions surgissent tel l'utilisation d'un fouet. Au tour de parole 976 un enfant fait une proposition : « on met la crème, après on tourne, après on fait

réchauffer puis on met tout au frigo et après ça devient du beurre ». Cette proposition est formalisée par L'enseignante (*cf.* figure 34) en faisant abstraction d'une partie de la proposition de l'enfant (« on fait réchauffer »).

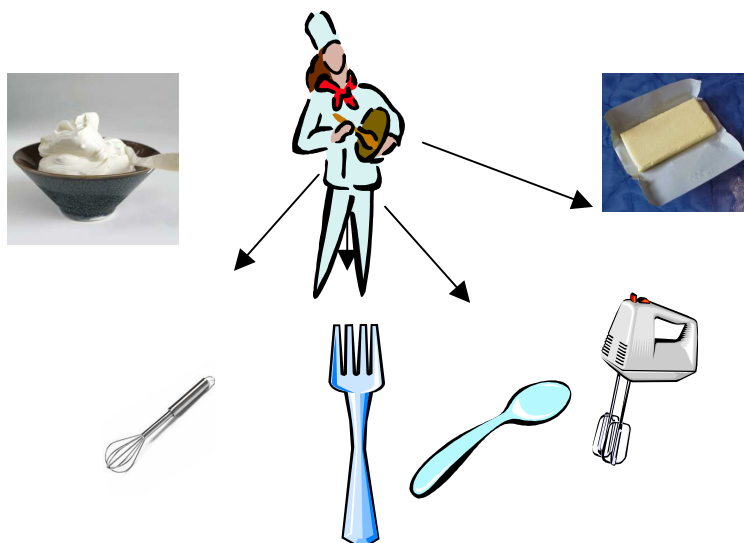


Figure 34 : Prédiction 6 : crème + machine = beurre

Dans la suite des activités, il est question d'effectuer une vérification de la prédiction n° 6 (crème + machine) par l'expérimentation. Elle est réalisée en deux groupes, le premier travaillant avec un batteur électrique et le second avec un fouet. En outre, sont utilisés deux types de crème : à 15% et à 40% de matière grasse. L'enseignant donne les consignes de sécurité à propos de l'utilisation du batteur (*cf.* photo 17).



Photo 17 : Consignes de sécurité

L'enseignant montre aux enfants les deux types de crème. Les deux groupes de travail ont été constitués. Un groupe travail avec le batteur électrique (*cf.* photo 19) et la crème à 15% de

matière grasse (cf. photo 18) et l'autre groupe avec un fouet et la crème à 40% de matière grasse (cf. photo 20).



Photo 18 : Présentation de la crème à 15% de matière grasse

Les expériences se réalisent de manière parallèle ; les commentaires et constats des enfants sont très différents selon le groupe de travail. Pour les enfants du groupe 1 (bateur + crème à 15% de matière grasse) : « ça fait des traits », « on voit du jaune maintenant ». Pour les enfants du groupe 2 (fouet + crème à 40% de matière grasse) : « ça commence à faire des montagnes », « ça change de couleur », ça sent bon », « c'est jaune », « ça devient du beurre », « c'est dur » ; « au fond du saladier il y a de l'eau », « on a du beurre !!! » ,



Photo 19 : Expérience réalisée avec la crème à 15% de matière grasse



Photo 20 : Expérience réalisée avec la crème à 40% de matière grasse

Chaque groupe de travail présente le résultat des expériences (cf. photo 21).



Photo 21 : Résultats des expériences, avec la crème à 15% (1) et avec la crème à 40% (2)

La photo 22 présente le résultat après malaxage de l'expérimentation effectuée avec le fouet et la crème à 40% de matière grasse.



Photo 22 : Résultat après malaxage

A la fin de la séance les enfants se regroupent afin d'expliquer les résultats ainsi que les raisons qui ont amené le groupe 2 à réussir l'expérience.

Cette phase comprend les tours de parole 1049 jusqu'au 1123. Les points les plus intéressants relevés sont : « il faut du lait puis de la crème pour faire du beurre », « si la crème a un petit peu de matière grasse ça ne marche pas et si on a beaucoup de matière grasse et ben ça marche », « si on mélange beaucoup, beaucoup après ça devient du beurre », « la matière grasse se colle », « on mélange avec la machine, avec une cuillère, avec un fouet », « quand je bats comme ça, ça fait du beurre » (cf. photo 23).

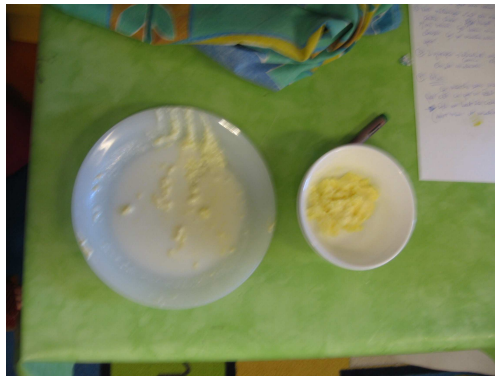


Photo 23 : Les globules de matière grasse agités se soudent en petits grains, le babeurre s'écoule.

L'enseignant propose une schématisation afin de montrer aux enfants la transformation par inversion de phase après l'action mécanique exercée sur la matière (cf. photo 24).



Photo 24 : Schématisation de la transformation

6.6. Sixième séance : formalisation, évaluation et échanges...

La séance commence par un rappel de la dernière expérience qui a abouti à la fabrication du beurre (cf. photo 25 à 28), la suite du travail a consisté en un travail de formalisation par les enfants.

A cet effet l'enseignant distribue à chaque enfant une enveloppe contenant différentes gommettes et une feuille A3 sur laquelle les deux cercles sont dessinés. La consigne est la suivante : « il faut coller à l'intérieur du cercle où se trouve l'image du beurre, toutes les choses dont nous avons besoin pour le fabriquer et coller à l'intérieur du cercle où se trouve l'image du beurre barrée, toutes celles qui ne servent pas ».



Photo 25 : Travail de formalisation



Photo 26 : zoom sur une production

Une fois les productions achevées, les enfants sont réunis pour une discussion à propos de leurs collages. Les enfants et l'enseignant s'installent en demi-cercle et échangent leurs impressions à propos des productions réalisées.

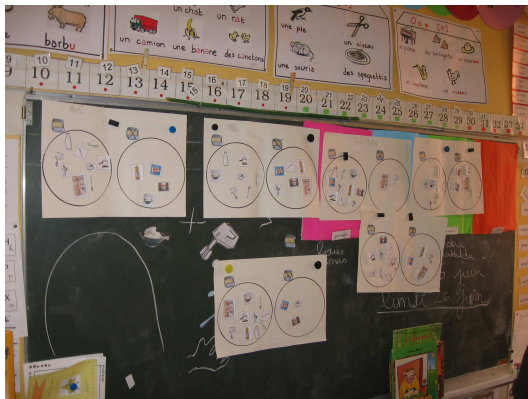


Photo 27 : Les travaux de formalisation sont exposés au tableau



Photo 28 : Les enfants expliquent leurs productions

Chacun exprime son accord ou désaccord par rapport aux éléments qui ont été catégorisés dans chaque production puis la séance s'achève.

7. Grilles d'analyse

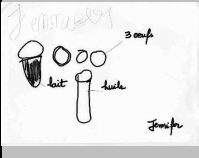


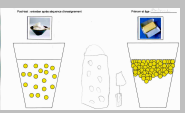
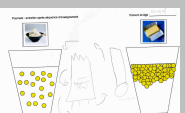
Nous avons construit deux grilles d'analyse pour les réponses des enfants en utilisant le même modèle que celui utilisé à propos des ombres.

La spécification des réponses relevant de chacune des catégories est indiquée dans les tableaux 60 et 61 (par registre d'expression).

Tableau 60 : Catégories de traitement du réel du phénomène de la fabrication du beurre avec les différents critères d'appartenance dans le registre verbal (V)

Hors modèle	Intraobjectale		Quasi-interobjectale	Interobjectale	
C 0 - V	C 1 - V	C 2 - V	C 3 - V	C 4 - V	C 5 - V
L'enfant ne s'exprime pas ou dit « je ne sais pas »	L'enfant décrit le phénomène comme une sorte de recette avec des ingrédients divers censés produire les propriétés intrinsèques au beurre.	L'enfant décrit le phénomène comme une sorte de recette avec des ingrédients divers et avec l'utilisation d'appareils ménagers tels four, réfrigérateur, censés reconstruire les propriétés intrinsèques au beurre.	Dans le récit de l'enfant nous constatons que parfois il continue à avoir recours à la recette et parfois essaie d'expliquer le phénomène par l'action mécanique sur la matière, malgré quelques changements le discours est encore confus et contradictoire.	Dans cette catégorie nous constatons l'abandon total de la recette. Expression de la nécessité d'une action mécanique pour effectuer un mélange.	Ici le discours est clairement porté sur la nécessité d'exercer une action mécanique sur la crème et que cela est la cause du changement, de la transformation de la matière.
Exemples	Pour faire du beurre, il faut des œufs, du lait et du sel. On mélange tout et ça fait du beurre. Ang (5 ; 3)	Pour faire du beurre, il faut de l'huile, des œufs, du sucre et le mettre au four. Jul (5 ; 4)	On a besoin d'une casserole et du lait ... on prend la crème fraîche et on tourne. Dans la crème, les matières grasses sont espacées Dia (5 ; 7)	Pour faire du beurre, il faut mélanger. Il ne faut pas mettre autre chose, après il reste de l'eau. On peut mélanger avec le fouet, mélanger ça veut dire touiller et à la fin il y a du beurre et de l'eau. Ida (5 ; 9)	On a besoin de la crème fraîche, une cuillère, une fourchette et aussi les mains pour mélanger. C'est important de mélanger la crème parce que sinon cela ne fait pas du beurre. Les matières grasses dans la crème se baladent. Pour que ça fasse du beurre, il faut mélanger pour que ça soit collé. Après les matières grasses se collent, on fait une boule et après sort du lait et dans le lait il n'y a plus de matières grasses. C'est du lait « écrémé ». Mae (5 ; 11)

Tableau 61 : Catégories de traitement du réel du phénomène de la fabrication du beurre avec les différents critères d'appartenance dans le registre graphique (G)

Hors modèle	Intraobjectale		Quasi inter-objectale	Interobjectale	
C0-G	C1-G	C2-G	C3-G	C4-G	C5-G
L'enfant ne dessine pas d'éléments ou bien le dessin ou les éléments pour compléter les schémas ne correspondent pas du tout à la consigne donnée.	L'enfant dessine une sorte de recette avec des ingrédients divers censés aboutir à la fabrication du beurre ou introduit dans le schéma des ingrédients	L'enfant dessine ou introduit dans le schéma une sorte de recette avec des ingrédients divers ainsi que des appareils tels four, réfrigérateur, censés aboutir à la fabrication du beurre	Dans le dessin de l'enfant ou dans le schéma à compléter l'élève introduit à la fois des images ayant un rapport avec une quelconque recette ainsi que d'autres faisant allusion à la nécessité d'une action mécanique.	L'enfant représente un élément faisant référence à une action mécanique (un homme avec un batteur ou une fourchette ou un fouet par exemple)	Ici le dessin introduit dans le schéma fait allusion au mouvement (présence des flèches par exemple)
	Jen (5 ; 2)	Még (6 ; 8)	Lou (5 ; 5)	Ant (5 ; 4)	Ang (5 ; 3)
					

8. Résultats aux pré-tests et post-tests

Nous présentons les résultats des évolutions des explications langagières et graphiques du groupe d'enfants ayant participé à notre séquence d'enseignement-apprentissage²³. Le tableau de contingence (*cf.* tableau 62), entre les niveaux de production lors de la première entrevue (pré-test) et ceux de la seconde entrevue (post-test) met en évidence, le fait que dans le registre verbal, la majorité des enfants progresse (21 sur 22) : quatre le font d'une catégorie, six de deux catégories, huit enfants progressent de trois catégories et trois le font de quatre catégories. Un enfant régresse d'une catégorie.

Tableau 62 : *Registre langage : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; V : Verbal)*

E2 V	E1 V	Intraobjectal		Quasi-interobjectal	Interobjectal		Total
	Hors modèle	C1	C2	C3	C4	C5	
C0	C0						
C1			1				1
C2							
C3		2	4				6
C4		1	4				5
C5		3	7				10
Absent							
Total		6	16				22

En ce qui concerne le registre graphique (*cf.* tableau 63), nous pouvons constater que 13 enfants progressent tandis que 9 enfants régressent.

²³ Les dossiers des enfants peuvent être consultés pp. 5-49 du CD ROM Séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre.

Tableau 63 : *Registre graphique : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; G : graphique)*

E2 G	E1 G	Intraobjectal		Quasi-interobjectal	Interobjectal		Total
	Hors modèle	C1	C2	C3	C4	C5	
C0		2	6	1			9
C1							
C2							
C3							
C4		3	7				10
C5		2	1				3
Absent							
Total		7	14	1			22

A propos des progressions, nous constatons que 7 enfants évoluent de deux catégories, 4 de trois puis 2 enfants de quatre catégories.

Si nous regardons les régressions, nous constatons que 2 enfants régressent d'une catégorie, 6 régressent de deux catégories puis un de trois catégories.

Il est indiscutable que la modalité graphique pose problème. Il semble que les enfants soient en grande difficulté, les régressions concernent 41% de notre échantillon. Une hypothèse interprétative à propos des régressions peut être celle de l'incompréhension de la consigne.

9. Conclusions et discussion

L'objectif de ce chapitre a été de rendre compte d'une première expérimentation à propos d'un phénomène qui n'a jamais été travaillé au niveau scolaire GSM. Il semble, d'après les données recueillies, que nous devons être très prudents à propos des conclusions. Il est vrai que les enfants ont été très impliqués dans la démarche que nous leurs avons proposée. Cependant l'absence de référent empirique a rendu très laborieuse la construction des éléments du modèle précurseur (il a fallu 6 séances de travail afin de mettre en avant l'idée de

changement moléculaire). Rappelons que le phénomène de la fabrication du beurre implique un raisonnement du type action-transformation contrairement à celui de l'ombre où il est question d'un raisonnement spatio-causal qui fait appel à la construction d'une « absence-présente » en partant d'un observable. L'ombre est un phénomène rencontré au quotidien, les enfants ont l'opportunité d'observer des transformations, par contre, en ce qui concerne le beurre, seul le produit final est tangible.

Malgré les obstacles observés, les résultats restent intéressants, notamment en ce qui concerne les évolutions dans le registre verbal. L'enseignant et le chercheur ont eu la lourde tâche de créer la SEA à partir des propositions des enfants ce qui a impliqué un travail de réajustement permanent afin de pouvoir arriver à obtenir une progression cohérente des activités.

La régression des enfants observée dans le registre graphique est un point qui mérite une réflexion. Nous avons pensé que le fait de donner à l'enfant un schéma à compléter pouvait l'aider à mieux exprimer l'action mécanique mais en regard des résultats, il semble que la consigne doit être revue et modifiée. Néanmoins cette première expérimentation apporte certains éléments comme par exemple le fait d'avoir mis en lumière les obstacles que présente la conception de la matière. Une conceptualisation possible est celle basée sur les propriétés observables puis une autre plus évoluée au plan cognitif est celle en termes de molécules qui composent la matière. Cette dernière nécessite un niveau d'abstraction que certains enfants malgré leur jeune âge ont pu atteindre. Cette conception implique le fait de comprendre que la matière est discontinue et se compose de molécules en mouvement séparées par des espaces vides. D'autres analyses du corpus des échanges au cours de la SEA, comme celles effectuées à propos de la séquence sur l'ombre, doivent être conduites afin d'avancer dans la compréhension des raisons qui font que certains enfants ont pu progresser et d'autres pas.

SYNTHESES DES RESULTATS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES AU PLAN DE LA RECHERCHE ET DE L'EDUCATION

Le principal objectif de cette thèse était de s'interroger sur le rôle de l'éducation scientifique dans le développement intellectuel du jeune enfant, notamment sur la relation entre développement et apprentissage, partant d'une analyse critique des grandes théories du développement et de l'importance accordée par de nombreux auteurs au développement conceptuel. En articulant plusieurs modèles : un modèle du développement conceptuel (de l'intra à l'interobjectif), un modèle des activités cognitives afférentes (abstraction empirique et réfléchissante, prise de conscience, réflexivité...) et un modèle d'intervention didactique, nous avons formulé un ensemble d'hypothèses concernant les déterminants de l'évolution conceptuelle. Ces déterminants relèveraient de trois types de processus : a) des processus internes au sujet, b) des processus externes au sujet (en rapport avec les situations-problèmes, les phénomènes physiques auxquels l'enfant est confronté, les artefacts culturels...); et c) des processus interactionnels (les formats interactionnels, la tutelle...). Ces processus sont conçus comme étant indissociables au sens où nous supposons qu'ils doivent fonctionner ensemble pour assurer une fonction développementale : c'est pourquoi nous considérons qu'il s'agit d'une hypothèse générale à caractère systémique. Ceci nous a conduites à concevoir des séquences d'enseignement-apprentissage prenant en charge ces différents processus. Celles-ci ont été mises en œuvre à titre expérimental auprès de classes de Grande Section de Maternelle et conduites par des enseignants volontaires pour participer aux études. Les progrès des enfants ont été évalués en comparant leurs réponses à un pré-test et à un post-test ainsi qu'aux réponses données par des enfants n'ayant pas bénéficié des séquences d'enseignement-apprentissage. Nous avons

considéré que si les enfants évoluaient dans le sens attendu, cela validait les hypothèses émises sur les conditions interpsychiques, intrapsychiques et environnementales supposées permettre cette évolution. Notre test d'hypothèse reposait sur l'analyse des effets produits par les interventions.

Ainsi, dans la perspective de tester notre hypothèse générale relative aux déterminants du développement conceptuel des enfants, nous avons effectué quatre études empiriques : l'élaboration de deux référentiels développementaux concernant l'explication de la formation des ombres, l'un pour l'école maternelle, l'autre pour l'école primaire ; la conception et l'évaluation de deux séquences d'enseignement-apprentissage à visée développementale concernant d'une part la formation des ombres et, d'autre part, la fabrication du beurre.

Le premier apport important de ces recherches concerne l'élaboration de grilles d'analyse des productions des enfants spécifiques aux domaines de connaissance explorés ainsi qu'aux registres d'expressions mobilisés. Des catégories et des critères d'appartenance très précis ont été établis à partir de l'ensemble des corpus de réponses aux pré-test et post-test que nous avons constitués. Les données statistiques obtenues auprès d'enfants de différentes classes d'âge (de la petite section de l'école maternelle au CM2 (dernière année de l'école primaire) donnent une idée de l'évolution conceptuelle des enfants dans le contexte scolaire français actuel. Cette évolution va dans le sens du modèle de développement conceptuel que nous avons utilisé : les enfants évoluent bien de l'intra-objectal à l'inter-objectal comme l'ont avancé Piaget et Garcia, avec une étape transitoire que nous avons appelée « quasi interobjectale ».

Le second apport est la spécification d'une méthodologie d'intervention adaptée aux évolutions conceptuelles attendues. Cette méthodologie s'appuie sur un certain nombre de

principes qui régissent la manière d'interroger les enfants et de les mettre en activité : 1) identification des aspects déterminants du phénomène c'est-à-dire la centration sur les relations, 2) demande de prédiction avant toute expérimentation, 3) utilisation d'artefacts culturels pour formaliser les relations établies ; 4) confrontation des points de vue, 5) débat sur la manière de représenter le phénomène ; 6) organisation sociale des activités.

Enfin, le dernier apport a trait aux résultats des évaluations qui confirment la pertinence de la méthodologie d'intervention.

Afin d'approfondir d'avantage ces différents éléments, nous allons préciser quelques points.

Le modèle du développement

La progression cognitive décrite en référence au modèle proposé par Piaget et Garcia (1983) nous a permis d'apprécier l'évolution concernant le passage de la centration sur les propriétés perceptives des objets à la prise en compte des relations et, par conséquent, au traitement systémique, c'est-à-dire interobjectif. On relèvera cependant que nous avons dû introduire de nouvelles catégories pour rendre compte des progrès des enfants. Ces catégories sont très spécifiques au domaine de connaissance considéré, alors que les paliers d'évolution sont très généraux. Concernant la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de l'ombre, si nous nous en étions tenues à la première catégorisation issue du modèle général, nous n'aurions relevé des progrès que chez quatre enfants dans la modalité verbale et également chez quatre enfants dans la modalité graphique sur les quinze impliqués dans l'expérimentation. Avec notre catégorisation plus fine, nous avons observé dix évolutions dans la modalité verbale et treize dans la modalité graphique. En ce qui concerne le beurre, un tout autre constat a été établi : soit les enfants sont dans une approche intraobjectale, soit ils se situent dans une approche interobjectale.

Nous faisons l'hypothèse que ces différences proviennent des caractéristiques non visibles du phénomène. Il semblerait que soit le système de pensée de l'enfant rend possible une réflexion sur un plan purement mental, soit l'enfant reste sur un plan purement perceptif. Cependant, au regard des difficultés que présente la consigne utilisée dans la tâche graphique employée (« pourrais-tu dessiner ce qui manque au milieu des deux dessins et m'expliquer comment on fait pour fabriquer du beurre avec la crème ? »), il semble nécessaire de dupliquer la recherche en utilisant une tâche d'évaluation mettant en œuvre une consigne plus simple. Par exemple, au lieu de proposer à l'enfant de compléter un dessin représentant les états de la matière avant et après transformation, comme il a été le cas dans l'étude exploratoire (cf. figure 29 p. 296), nous pensons qu'il serait préférable de lui demander tout simplement de dessiner le processus de fabrication avec une consigne du type : « Quelques enfants de 5 ans d'une autre école ne savent pas comment nous pouvons faire du beurre avec de la crème. Pourrais-tu dessiner tout ce qu'il faut faire pour fabriquer du beurre ?, après je leur montrerai ton dessin ».

Notre travail démontre par ailleurs l'importance de conduire une analyse fine des systèmes conceptuels enseignés pour être à même de repérer des changements cognitifs qui traduisent une « mise en mouvement » de la pensée. On peut supposer que les catégories intermédiaires (notamment notre catégorie C3 quasi-interobjectale) que nous avons introduites entre l'intra et l'inter-objectal sont le reflet du travail de la pensée stimulé par les activités proposées aux enfants, dans le contexte de médiation que nous avons décrit. Nous avons observé une évolution chez trois enfants qui atteignent notre catégorie C3 quasi-interobjectale dans la modalité verbale alors qu'ils étaient partis de la catégorie CO c'est-à-dire hors modèle ou d'une catégorie intraobjectale (soit la catégorie C1, soit la catégorie C2). Puis nous avons constaté une évolution chez six enfants qui atteignent également la catégorie C3 dans la modalité graphique alors qu'ils se situent initialement

dans les catégories C0, C1 ou C2. Cela implique que ces enfants partant d'une méconnaissance du phénomène (catégorie C0) ou d'un traitement purement perceptif (catégories C1 et C2) ont été capables, après la séquence d'enseignement-apprentissage, d'expliquer le phénomène ou de le dessiner en mettant en avant des relations entre les éléments, certes encore de façon incomplète (ceci est pour nous un indicateur d'évolution, un début d'un changement au niveau conceptuel). Le seul enfant qui n'évolue dans aucune de deux modalités est Sam qui a été absent aux deux séances de la séquence d'enseignement-apprentissage.

Outre le fait que le modèle développemental nous ait permis de construire un système de catégorisation des réponses des enfants, il nous a donné une idée des activités intellectuelles à solliciter auprès des enfants : centration sur les relations (entre les différents objets afin d'expliquer la formation de l'ombre et entre l'action mécanique exercée sur la crème afin d'expliquer la transformation de la matière) plus que sur les propriétés (couleur, forme, taille, texture...).

Le cadre Vygotskien

En faisant suite aux remarques de Brossard (2004), on relèvera que nous nous sommes écartées du cadre vygotskien pour décrire les évolutions cognitives des enfants. Par contre, ce cadre nous a permis de penser un aménagement de la ZPD en faisant un choix d'activités (expérimentation et formalisation) et en déterminant une stratégie pédagogique adaptée à cette évolution. Concernant les contenus d'enseignement, les modèles précurseurs qui sous-tendent les questionnements et les activités proposées aux enfants (non transmis de manière explicite) se sont avérés pertinents puisque, comme nous l'avons vu, la plupart des enfants progressent. La conception des modèles suppose une analyse fine des contenus scientifiques (Lemeignan & Weil-Barais, 1983) ainsi que la connaissance

des conceptions premières des enfants (Carretero, 2009 ; Lebeaume, 2008 ; Lautrey et alli., 2008 ; Diakidoy et al., 2001 ; Giordan, 1998 ; Weil-Barais, 1994), puisque les modèles précurseurs contiennent à la fois des propositions que les enfants admettent déjà et des propositions nouvelles compatibles pour eux avec ce modèle.

La construction des référentiels développementaux

Bien entendu, il convient de disposer de données comparatives pour apprécier l'évolution développementale résultant de l'enseignement par rapport à l'évolution typique. C'est pourquoi nous avons entrepris de construire deux référentiels développementaux, l'un concernant l'école maternelle (de la PSM à la GSM), l'autre à propos des enfants de l'école primaire (du CP au CM2).

Les analyses réalisées à propos des productions des enfants au sujet de la conceptualisation de l'ombre confirment la pertinence du modèle développemental proposé par Piaget & Garcia auquel nous avons fait référence. Les résultats ont indiqué un effet développemental dans les trois registres d'expression sollicités (verbal, graphique, pragmatique). C'est à partir du CE2 que les traitements du réel basculent vers une approche interobjectale, c'est-à-dire relationnelle du phénomène à hauteur de 40 à 50 % de l'échantillon. L'approche interobjectale s'élargit à presque la totalité des échantillons en CM1 et CM2.

L'évolution conceptuelle

Les données dont nous disposons concernant les enfants du groupe expérimental (n= 15, âgés de 5 à 6 ans) tendent à indiquer que les explications données au plan conceptuel à propos de l'ombre, après la séquence d'enseignement-apprentissage, sont bien supérieures à celles de leur groupe d'âge. Dans le registre verbal, les enfants du groupe

expérimental se situent au niveau des résultats du CP/CE1 ; dans le registre graphique, l'évolution se rapproche des données observées en CE2/CM2.

Pouvons-nous parler de changement conceptuel ? Nous proposons, au regard de nos résultats, de parler d'évolution ou d'enrichissement d'une conception, plutôt que de changement ou restructuration conceptuels. Les données issues de notre recherche montrent que le changement conceptuel est un processus difficile, long et graduel.

Par ailleurs, nos résultats mettent en avant l'intérêt d'utiliser différents registres d'expression afin de comprendre la complexité du processus et de pouvoir évaluer les évolutions. En effet, les enfants ne se situent pas nécessairement au même niveau de conceptualisation, selon les registres d'expression sollicités.

Les déterminants de l'évolution

Un grand nombre de facteurs ont sans doute joué un rôle dans les progressions observées. La demande de prédiction avant toute expérimentation afin d'éviter l'exploration par essai-erreur (induire une activité réflexive, avant toute action), la systématisation de la confrontation des hypothèses avec les données de l'expérience, les questions posées aux enfants par l'enseignant et le chercheur qui insistaient sur les relations spatiales entre les objets (dans notre étude sur l'ombre) ; tout le travail préalable aux séquences d'enseignement-apprentissage, la conception des activités et des tâches susceptibles de soutenir et d'encourager l'évolution conceptuelle des enfants ; pour l'enseignant avoir une maîtrise des concepts afin de pouvoir évaluer les différents points de vue et y réagir, la construction d'une connaissance négociée par un processus de médiation, comme nous l'avons déjà évoqué, ces facteurs constituent un tout indissociable. Les demandes de formalisation (au moyen de gommettes collées sur une feuille de papier) ont pu les aider à mettre en place des relations spatiales interobjectales (les évolutions constatées au plan

graphique concernent douze enfants sur quinze dont six productions quasi-interobjectales puis six interobjectales). Notons également que nous avons permis aux enfants de manipuler la source lumineuse, prenant en compte les remarques critiques faites par Dumas Carré et al. (2003) à propos de l'usage d'une source lumineuse fixe ne permettant pas aux enfants de prendre conscience du rôle de la lumière dans la formation des ombres. Prenant appui sur les conclusions de Ravanis (2005) nous avons réalisé les deux séquences d'enseignement-apprentissage dans des conditions naturelles d'apprentissage (salle de classe et enseignant habituel). Travailler dans un environnement connu, donc sécurisant, a pu avoir une influence sur les performances des enfants. On relèvera également la prise en charge de la formation de l'enseignant au cadre théorique défini par le chercheur, son rôle de négociateur aux conditions de réalisation des séquences d'enseignement-apprentissage, enfin ses interventions de régulation en cours d'activité. Tous ces aspects ont sans doute produit des effets, bien entendu non mesurables.

Au regard des modèles précurseurs utilisés dans nos études (interposition source-objet et action mécanique sur la matière), il apparaît qu'ils ont favorisé la création d'une zone proximale du développement permettant aux enfants d'accéder, pour certains, au seuil de la lecture interobjectale (57,14% des enfants sont dans la catégorie quasi-interobjectale) et, pour d'autres (35,82%), à la lecture interobjectale elle-même. Nous en déduisons donc que cette zone a offert, aux sujets interrogés, la possibilité de réaliser un traitement plus dynamique et performant du réel au plan cognitif tout en étant un « lieu » efficient à la réussite de l'apprentissage. Les résultats des évaluations témoignent de la fécondité du concept de « modèle précurseur » pour concevoir des séquences d'enseignement-apprentissage à visée développementale adaptées aux jeunes enfants.

Faisabilité d'une nouvelle expérience afin de montrer le transfert des compétences acquises...

De façon à pouvoir tester si les progrès acquis dans un domaine (la formation des ombres) se généralisent à un autre domaine, nous avons conduit une expérimentation relative à la fabrication du beurre. L'intérêt pour nous était de mettre en évidence la possibilité de proposer un modèle précurseur assez simple faisant intervenir un transfert d'énergie mécanique ayant pour effet de modifier l'assemblage moléculaire : le beurre est le résultat d'une action mécanique sur la crème (alors que les enfants pensent qu'il faut la réunion de divers ingrédients pour la fabrication du beurre et cherchent des moyens pour épaissir le lait tels la farine, les œufs pour donner la couleur jaune, le froid pour rendre le beurre compact). Les dires de certains enfants, deux mois après la séquence d'enseignement-apprentissage, montrent que les éléments ciblés dans le modèle précurseur que nous avons conçu ont été adaptés à cette classe d'âge : « Il faut de la crème fraîche, pas la blanche, la jaune, plus grasse et on peut faire du beurre. Il ne faut pas mettre de la farine, ni des œufs parce qu'après c'est dégoûtant. Après on tourne, on tourne et ça devient du beurre. A l'intérieur de la crème, il y a de la matière grasse qui se ballade et quand on mélange, on mélange, les gouttes des matières grasses se mettent ensemble et après on fait du beurre. Il faut beaucoup de matière grasse pour faire du beurre. Il faut beaucoup tourner avec une machine, une main, une fourchette, après il reste le beurre et de l'eau, comme du lait. » (Ang : 5 ;3). « Pour faire du beurre, on a besoin de la crème, et on mélange et on mélange pour faire du beurre. De la crème avec beaucoup des matières grasses. Dans la crème les gouttes des matières grasses sont éparpillées et dans le beurre, elles sont toutes collées. Pour qu'elles soient collées, il faut mélanger » (Clé : 5 ;10).

L'expérimentation concernant la fabrication du beurre a permis de nous rendre compte de la faisabilité d'un tel projet auprès d'enfants en Grande Section de Maternelle. Nous avons identifié les obstacles épistémologiques et cognitifs (réfléchir sur des entités non visibles, comprendre qu'une action mécanique peut être à l'origine de la transformation de la matière...). Par ailleurs, nous avons mis en place un ensemble d'activités expérimentales à partir des hypothèses émises par les enfants. Cette recherche a suscité l'enthousiasme des enfants et ils se sont investis dans les activités, malgré le nombre important de séances effectuées (six séances de vingt minutes chacune). Il ne faut pas oublier que nous avons travaillé avec des enfants de 5 ans et que leur attention aurait pu décroître. Le fait que l'enseignant ait suivi leurs propositions, les conduisant à réaliser les expériences infirmant ou confirmant leurs prédictions a sans doute contribué à maintenir leur intérêt pour un sujet difficile.

A terme, nous pourrions entreprendre une expérimentation plus longue où les enfants travailleraient successivement l'ombre puis le beurre. Si effectivement la première séquence met en mouvement un processus de développement spécifique (de l'intra vers l'inter), on devrait s'attendre à ce que cette dynamique se retrouve dans la seconde séquence montrant ainsi que nous avons atteint les mécanismes responsables du développement. Ceci reste évidemment à prouver.

Perspectives au plan de la recherche et de l'éducation

On relèvera que le travail de thèse offre des pistes intéressantes au plan de la recherche et des pratiques scolaires. En effet, la grille d'analyse que nous avons construite peut être adaptée dans de nombreux domaines, la distinction intra et interobjectale étant très générale. Son intérêt est de pouvoir diagnostiquer des changements de représentation importants du point de vue développemental et de pouvoir comparer des domaines

d'expérience très diversifiés. L'usage d'une telle grille pour interpréter les productions des enfants recueillies dans des contextes très variés permettrait de sortir du pointillisme qui caractérise souvent les recherches sur les conceptualisations des enfants. L'emploi généralisé d'une grille comme celle que nous avons proposée faciliterait la conduite des recherches comparatives (entre domaines et entre systèmes éducatifs) qui font défaut actuellement mais qui pourtant seraient nécessaires.

Les données issues de cette thèse incitent à poursuivre les études sur le changement conceptuel chez l'enfant à propos du monde physique, en contrôlant mieux les conditions d'exploration du point de vue de la connaissance qu'ils ont des systèmes symboliques servant à les exprimer et des artefacts utilisés. Il serait également intéressant d'étudier les changements provoqués par l'apprentissage de nouveaux systèmes symboliques, comme le dessin géométrique par exemple, ou les règles du dessin en perspective.

Au plan de l'enseignement, les données développementales que nous avons établies concernant le développement conceptuel présentent un intérêt certain. Les grilles d'analyse des réponses des enfants définissent en effet des niveaux hiérarchisés pouvant être atteints et, ainsi, des objectifs raisonnables pour les enfants concernés, dans un système d'enseignement qui se préoccuperait prioritairement du développement intellectuel des enfants.

Au plan des séquences d'enseignement-apprentissage, nous avons vu qu'il est possible d'utiliser des principes de conception, de gestion des activités et de médiation identiques quels que soient les contenus conceptuels visés. Nous avons montré également l'importance de disposer d'une analyse fine des réseaux conceptuels dont la construction est visée.

Sur un plan plus général, nous avons pu montrer que l'impact des séquences d'enseignement-apprentissage dépendait de tout un ensemble de facteurs inter-reliés que nous avons tenté d'élucider, notamment par les analyses approfondies que nous avons faites du fonctionnement de la séquence « ombre ».

Faute de disposer au préalable d'un ensemble de séquences d'enseignement-apprentissage dans le domaine spécifique, adaptées aux très jeunes enfants, qui nous aurait permis de faire un suivi longitudinal, nous n'avons pas pu établir de manière certaine que l'initiation scientifique avait un impact sur le développement intellectuel du jeune enfant. Cependant, les résultats sont encourageants pour chacune des séquences évaluées.

Cette thèse a fait l'objet d'un accueil favorable dans la communauté scientifique : elle a donné lieu à sept publications (articles papiers ainsi que numériques, *cf.* annexe III, pp. 485-489) ; elle a été présentée dans huit colloques (dont deux à caractère international) ; par ailleurs, elle a été présentée dix fois dans le cadre d'animations pédagogiques, stages et conférences dans la formation continue des enseignants. Nous avons également créé, dans le cadre du programme régional de recherche OUFOPREP²⁴ un outil d'évaluation : 3C-E (Construction de Connaissances Conceptuelles - enfant) (*cf.* annexe IV, pp. 491-496). Enfin, notre cadre théorique et méthodologique a été repris dans un mémoire de CAFIPEMF²⁵ (*cf.* annexe III, pp. 485-489) suite à un stage de formation continue dont le propos était le module : « découverte du monde, les sciences à l'école », dans lequel nous

²⁴ Outils pour la formation, l'éducation et la prévention.

²⁵ Certificat d'Aptitude aux Fonctions d'Instituteur ou de Professeur des Écoles Maître Formateur.

sommes intervenues. L'auteur de ce mémoire (Mazenq, 2009), s'intéresse dans son travail au sujet de la vie végétale à la manière dont les enfants de Grande Section de Maternelle conceptualisent le processus de germination. Sa recherche montre ainsi que la démarche proposée (théorique, méthodologique et évaluative) est applicable aux pratiques éducatives françaises actuelles.

. BIBLIOGRAPHIE

- Adey, P. (1989). *Adolescent development and school science*. London : Falmer Press.
- Adey, P. (1992). The case results : implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 14 (2), 137-146.
- Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris : Presses universitaires de France.
- Baldy, R., Devichi, C., Aubert, F., Munier, V., Merle, H., Dusseau, J. M., & Favrat, J..F. (2005). Développement cognitif et apprentissages scolaires : l'exemple de l'acquisition du concept d'angle. *Revue Française de Pédagogie*, 152, 49-61.
- Baquero, R. (2009). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. Buenos Aires : Aique.
- Bautier, E., & Rochex, J. Y. (1999). *Henri Wallon. L'enfant et ses milieux*. Paris : coll. Portraits d'éducateurs, Hachette-Education.
- Beillerot, J. (1989). Le rapport au savoir : une notion en formation. In J. Beillerot, A. Bouillet, C. Blanchard Laville & N. Mosconi (Eds.), *Savoir et rapport au savoir : Elaborations théoriques et cliniques* (pp. 165-202). Paris : Editions universitaires.
- Bernicot, J., Trognon, A., Caron-Pargue, J. (1997). *La conversation. Aspects sociaux et cognitifs*. Nancy : Presses universitaires de Nancy.
- Berti, A. E. (2006). Restructuración del conocimiento en un subdominio económico : el sistema bancario. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *Cambio conceptual y educación* (pp. 177-215). Buenos Aires : Aique.
- Bideau, J., & Pierre-Puységur, M. A. (1990). L'étude génétique des structures logiques : quoi de neuf ? In G. Netchine-Grynberg (Eds.), *Développement et fonctionnement cognitif chez l'enfant* (pp. 33-51). Paris : PUF.

- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning : the solo taxonomy*. New York : Academic Press.
- Blaye, A., & Lemaire, P. (2007). *Psychologie du développement cognitif de l'enfant*. Bruxelles : De Boeck.
- Bowlby, J. (1971). *Attachment*. Harmondsworth : Penguin Books.
- Bronckart, J. P. (1991). Représentation. In R. Doron & F. Parot (Eds.), *Dictionnaire de psychologie*. Paris : PUF.
- Brossard, M. (2004). *Vygotski : lectures et perspectives de recherches en éducation*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion.
- Brown, A. L., & Palincsar, A. S. (1989). Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 393-452). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Brown, D. (1995). Theories in pieces? The nature of student's conceptions and current issues in science education. *Paper presented at 1995 Annual Meeting of National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA.
- Butterworth, G., & Light, P. (Eds.) (1982). *Social cognition : studies of the development of understanding*. Chicago : University of Chicago Press.
- Calmettes, B. (2000). Les dessins d'observation dans les premières phases d'étude d'objets et de phénomènes. *Aster*, 31, 217-244.
- Camilloni, A. W. (2002). *Obstáculos epistemológicos*. Buenos Aires: Gedisa.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The Epigenesis of Mind : Essays in Biology and Cognition* (pp. 257-291). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Carey, S. (1992). Ontology and meaning: two contrasting views. In E. Dromi (Ed.), *Language and Cognition : A Developmental Perspective* (pp.88-103). Norwood, NJ: Ablex.
- Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. In E. K. Scholnick, K. Nelson, S. A. Gelman & P. Miller (Eds.), *Conceptual Development : Piaget's Legacy* (pp. 293-326). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Carretero, M. (2009). *Constructivismo y educación*. Buenos Aires : Paidós.
- Carretero, M., Asensio, M., & Pozo, J. I. (1991). Cognitive development, historical time representation and causal explanations in adolescents. In M. Carretero, M. Pope, R. J. Simons & J. I. Pozo (Eds.), *Learning and instruction en European research in an International context* (vol. III). Oxford : Pergamonn Press.
- Case, R. (1985). *Intellectual development : birth to adulthood*. Orlando : Academic Press.
- Case, R., & Griffin, S. (1990). Child cognitive development: the role of central conceptual structures in the development of scientific and social thought. In C. A. Hauert (Ed.), *Developmental psychology : Cognitive, perceptuo-motor and neuropsychological perspectives* (pp. 193-230). Amsterdam : Elsevier Science.
- Castorina, J. A., & Lenzi, A. (2002). *La formación de los conocimientos sociales en los niños*. Buenos Aires : Gedisa.
- Cauzinille-Marmèche, E., Mathieu, J., & Weil-Barais, A. (1983). *Les savants en herbe*. Berne : Peter Lang.

- Chalon Blanc, A. (1997). *Introduction à Jean Piaget*. Paris : l'Harmattan.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change in and across ontological categories : Examples from learning and Discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 129-160). Minneapolis : University of Minnesota Press.
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium : An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24(4), 467-563.
- Cohen, S. R. (1985). The développement of constraints on symbol-meaning structure in notation : evidence from production, interpretation, and forced-choice judgements. *Child Development*, 56, 177-195.
- Coll, C., & Marti, E. (2001). Aprendizaje y desarrollo: la concepción genético-cognitiva del aprendizaje. In C. Coll, A. Marchesi & J. Palacios (Eds.), *Desarrollo psicológico de la educación escolar* (pp. 67-88). Madrid : Alianza.
- Coquidé-Cantor, M., & Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle*. Paris : Delagrave édition.
- Deloache, J. S., & Burns, N. M. (1993). Symbolic development in preschool children understanding models and Pictures. In C. Pratt & A. Garton (Eds.), *The development and use of representation in children* (pp. 91-107). Chichester, England : Wiley.
- Deloache, J.S. (1995). Early symbolic understanding and use of symbols. *Current Directions in Psychological Science*, 4, 109-113.
- Detienne, M. (1992) *Les savoirs de l'écriture en grèce ancienne*. Lille : P.U.L.
- Devries, R. (1986). Children's conceptions of shadow phenomena. *Genetic, Social and General Psychology Monographs*, 112(4), 479-530.

- Diakidoy, I. N., & Kendeou, P. (2001). Facilitating conceptual change in Astronomy : A comparison of the effectiveness of two instructional approaches. *Learning and Instruction, 11*, 1-20.
- DiSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Associates, Inc.
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction 10*(2-3), 105-225.
- Doise, W., & Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Inter Editions.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions- developments and trends. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY : Cornell University.
- Dumas Carré, A., Weil Barais, A., Ravanis, K., & Shourcheh, F. (2003). Interaction maître-élèves au cours d'activités scientifiques à l'école maternelle: approche comparative. *Bulletin de psychologie, 56*(4), 493-508.
- Dumas-Carré, A., & Weil-Barais, A. (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- Eshach, H., & Fried, M. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology, 14*(3), 315-336.
- Fawaz, A., & Viennot, L. (1986). Image optique et vision. *Bulletin de l'Union des Physiciens, 686*, 1125-1146.

- Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images : children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 72, 637-649.
- Fernandez, M. T. (2004). Concepciones del dia y la noche ; un estudio transcultural. *Anuario de Psicologia*, 35(3), 309-330.
- Fernandez, M. T. (2004). Concepciones del planeta Tierra. *Infancia y aprendizaje*, 27(2), 189-210.
- Ferreiro, E. (1997). L'enfant après Piaget. Un partenaire intellectuel pour l'adulte, *Psychologie Française*, 42(1), 69-76.
- Florin, A. (1995). *Parler ensemble en maternelle : la maîtrise de l'oral, l'initiation à l'écrit*. Paris : Ellipses.
- Gardner, H. (1998). *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Barcelona : Paidós.
- Gavilan Bouzas, P. (2009). Aprendizaje cooperativo, papel del conflicto sociocognitivo en el desarrollo intelectual : consecuencias pedagógicas. *Revista española de pedagogía*, 67 (242), 131-148.
- Gelman R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Gelman S. A. (1988). The development of induction within natural kind and artifact categories. *Cognitive Psychology*, 20, 65-95.
- Gelman, S. A. (2006). Early conceptual development. In K. McCartney & D. Phillips (Eds.), *Blackwell handbook of early childhood development* (pp. 149-166). Malden, MA, : Blackwell Publishing.

- Gilly, M., Roux, J. P., Trognon, A. (Eds.) (1999). *Apprendre dans l'interaction. Analyse des médiations sémiotiques*. Aix en Provence & Nancy : Presses de l'Université de Provence & Presses de l'Universitaires de Nancy.
- Giordan, A. (1998). *Apprendre*. Paris : Belin.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (1991). *The psychology of Learning Science*. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Goody, J. (1977). *La raison graphique*. Paris : Editions de Minuit.
- Grossen, M. (1988). *L'intersubjectivité en situations de test*. Cousset (Fribourg) : DelVal.
- Gunstone, R. F. (1994). The importance of science specific content in the enhancement of metacognition. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone & R. White (Eds.), *The content of science : a constructivist approach to its teaching and learning*. London : Falmer Press.
- Hannust, T., & Kikas, E. (2007). Children's knowledge of astronomy and its change in the course of learning. *Early Childhood Research Quarterly*, 29, 89-104.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1996). Cognitive and cultural factors in acquisition of intuitive biology. In D. R. Olson and N. Torrance (Eds.), *The Handbook of Education and Human development : New models of learning, teaching and schooling*, Cambridge : Blackwell.
- Hayes, B., Goodhew, A., Heit, E., & Gillan, J. (2003). The role of diverse instruction in conceptual change. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83, 256-273.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3, 383-396.

- Hinde, R., Perret-Clermont, A. N., & Stevenson-Hinde, J. (1988). *Relations interpersonnelles et développement des savoirs*. Cousset (Fribourg) : Del Val.
- Hunt, E., & Minstrell, J. (1994). A collaborative classroom for teaching conceptual physics. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons : Integrating cognitive theory and classroom practice*. Cambridge: MIT Press.
- Inhelder, B., Sinclair, H., & Bovet, M. (1974). *Apprentissage et structure de la connaissance*. Paris : PUF.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The changing meaning of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5-61.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brule, G. (2006). *Science des aliments : Biochimie, microbiologie, procédés, produits*. Editions : TEC&DOC.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Karp, S. A., & Konstadt, N. I. (1963). *Children's embedded figures test*. New York : Cognitive Tests.
- Kayoko, I. (1993). Piagetian and post-Piagetian conceptions of development and their implications for science education in early childhood. *Computers & Education*, 21(1-2), 41-49.
- Kerbrat-Orecchioni, C. (1998). *Les interactions verbales*. Paris : Armand Colin.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. New York : Academic Press.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago : University of Chicago Press.

- Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (2008). *Les connaissances naïves*. Paris : Armand Colin.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning : legitimate peripheral participation*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Lebeaume, J. (2008). *Les sciences à l'école : des leçons de choses à la technologies*. Paris: Delagrave.
- Lee, K., & Karmiloff-Smith, A. (1996). The development of cognitive constraints on notations. *Archives de Psychologie*, 64, 3-25.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique ; l'enseignement de la mécanique*. Paris: Hachette.
- Levinas, M. L. (1998). *Conflictos del conocimiento y dilemas de la educación*. Buenos Aires : Aique.
- Lewis, M., & Rosenblum, L. (1974). *The effect of the infant on its caregiver*. New York : John Wiley.
- Linder, C. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77, 293-300.
- Linn, M. C., Eylon, B., & Davis, E. A. (2004). The knowledge integration perspective on learning. In M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education*. Mahwah : NJ Lawrence Erlbaun Associates.
- Lurçat, L. (1979). *L'activité graphique à l'école maternelle*. Paris : Editions sociales françaises.
- Marti, E. (2003). *Representar el mundo externamente*. Madrid : A Machado Libros.
- Marti, E. (2005). *Desarrollo, cultura y educación*. Buenos Aires : Amorrortu.

- Marti, E., & Pozo, J. I. (2000). Mas allá de las representaciones mentales : la adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.
- Marti, E., Garcia-Mila, M., Steren, B., Gomez-Grannell, C., & Orozco, M. (1996). Piaget y Vygotski : la construcción mediada de los aprendizajes escolares. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 28(3), 473-495.
- Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Mazens, K., & Lautrey, J. (2000). Les conceptions naïves en physique : l'exemple du son chez les enfants de 6 à 10 ans. *Psychologie Française*, 45(3), 283-289.
- McLaughlin, G. H. (1963). Psycho-logic : A possible alternative to Piaget's formulation. *British Journal of Educational Psychology*, 33, 61-67.
- Minarik, E. H., & Sendak, M. (1995). *L'ombre de petit-ours*. Citel vidéo, Nelvana.
- Miras, M. (1991). Educación y desarrollo. *Infancia y Aprendizaje*, 54, 3-17.
- Molina, M., & Jouen F. (2000). Des objets et des ombres : la contrainte de solidité des objets s'applique-t-elle aux ombres ? *Archives de Psychologie*, 68, 15-24.
- Olivares, J., & Rodriguez, A. (1990). Conflicto sociocognitivo y desarrollo mental de niños retrasados. *Anales de psicología*, 6(1), 79-90.
- Olson, D. (1998). *L'univers de l'écrit. Comment la culture écrite donne forme à la pensée*. Paris : Editions Retz.
- Ozdemir, G., & Clark, D. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 351-361.

- Padilla, M., Okey, J., & Garrard, K. (1984). The effects of instruction on integrated science process skill achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 277-287.
- Panagiotaki, G., Nobes, G., & Potton, A. (2009). Mental models and other misconceptions in children's understanding of the earth. *Journal of Experimental Child Psychology*, 104(1), 52–67.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- Pascual-Leone, J. (1978). Compounds, confounds and models in developmental information processing : A reply to Trabasso and Foellinger. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 18-40.
- Perret-Clermont, A. N. (1979). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne : Peter Lang.
- Piaget, J. (1920). La psychanalyse dans ses rapports avec la psychologie de l'enfant (I). *Bulletin de la Société Alfred Binet*, 1, 18-34.
- Piaget, J. (1920). La psychanalyse dans ses rapports avec la psychologie de l'enfant (II). *Bulletin de la Société Alfred Binet*, 1,2, 3, 41-58.
- Piaget, J. (1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1924). *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1926). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris : F. Alcan.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris : F. Alcan.

- Piaget, J. (1932). *Le jugement moral chez l'enfant*. Paris : F. Alcan.
- Piaget, J. (1945). *La formation du symbole chez l'enfant: imitation, jeu et rêve, image et représentation*. Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1947). *La psychologie de l'intelligence*. Paris : A. Colin.
- Piaget, J. (1977). *La construction du réel chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Paris : PUF.
- Piaget, J., & Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Piaget, J., & Garcia, R. (1998). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Madrid : Siglo XXI.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : PUF.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1978). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant : conservation et atomisme*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Pozo, J. I. (2003). *Adquisición de conocimiento*. Madrid : Morata.
- Pozo, J.I., Carretero, M. (1992). Causal theories, reasoning strategies, and conflict resolution by Experts and novices in newtonian mechanics. In A. Demetriou, M. Shayer & A. Efklides (Eds.), *Neo-piagetian theories of cognitive development. Implications and applications for education*. London : Routledge.

- Ravanis, K. (1996). Stratégies d'interventions didactiques pour l'initiation des enfants de l'école maternelle aux sciences physiques. *Spirale*, 17, 161-176.
- Ravanis, K. (1999a). Représentations des élèves de l'école maternelle: le concept de lumière. *International Journal of Early Childhood*, 31(1), 48-53.
- Ravanis, K. (1999b). Understanding friction : dialogues with five-year old children. *Paper presented at IXth European Conference on Developmental Psychology*. Spetses, Greece, 1-5 september 1999.
- Ravanis, K. (2005). Les sciences physiques à l'école maternelle: un cadre sociocognitif pour la construction des connaissances et/ou le développement des activités didactiques. *International Review of Education*, 51, 201-218.
- Ravanis, K., & Papamichaël, Y. (1995). Procédures didactiques de déstabilisation du système de représentation spontanées des élèves pour la propagation de la lumière. *Didaskalia*, 7, 43-61.
- Resta-Schweitzer, M., & Weil-Barais, A. (2007). Éducation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(1), 63-82.
- Rieben, L., de Ribaupierre, A., & Lautrey, J. (1983). *Le développement opératoire chez l'enfant de 6 à 12 ans. Elaboration d'un instrument d'évaluation*. Paris : Editions du CNRS.
- Rivière, A. (1984). *La psicología de Vygotski*. Madrid : Visor.
- Rommetveit, R. (1976). On the architecture of intersubjectivity. In L. H. Strickland, K. J. Gergen & F. J. Aboud (Eds.), *Social psychology in transition*. New York : Plenum Press.

- Roux, J. P., & Moussu, M. J. (2003). L'enseignement du volcanisme au cycle 3 de l'école primaire : rôle constructeur du travail de groupe et des médiations cognitivo-langagières. *Communication orale au colloque "Enseignement et vulgarisation des sciences de la terre à l'école et à l'Université"*. Nice, France.
- Schaffer, H. R. (1971). *The origins of human social relations*. London : Academic Press.
- Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndham, J. (2001). Heavenly talk : discourse, artefacts and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development*, 44, 103-118.
- Schnotz, W., Vosniadou, S. & Carretero, M. (2006). *Cambio conceptual y educación*. Buenos Aires: Aique.
- Schubauer-Leoni, M. L. (1986). *Maître-élève-savoir : analyse psychosociale du jeu et des enjeux de relation didactique*. Thèse de Doctorat présentée à la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Université de Genève.
- Séré, M. G., & Weil-Barais, A., 1988. Nouvelle approche de la conservation des grandeurs physiques ; étude transversale de la conservation de la quantité de gaz auprès des élèves de 11 à 14 ans. *Enfance*, 41(1), 21-37.
- Sharp J.G., & Sharp, J.C. (2007). Beyond shape and gravity : children's ideas about the Earth in space reconsidered. *Research Papers in Education*, 22(3), 363-401.
- Southerland, S.A., Abrams, E., Cummins, C.L., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena : conceptual frameworks or p-prims. *Science Education*, 85, 311-327.
- Stambak, M., Barrière, M., Bonica, L., Maisonnnet, R., Musatti, T., Rayna, S., & Verba, M. (1983). *Les bébés entre eux*. Paris : PUF.

- Straatemeier, M., van der Maas, H. L. J., & Jansen, B. R. J. (2008). Children's knowledge of the Earth: A new methodological and statistical approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 100(4), 276-296.
- Tolchinsky-Landsmann, L., & Karmiloff-Smith, A. (1993). Las restricciones del conocimiento notacional. *Aprendizaje y Infancia*, vol.62-63, 19-51.
- Tronick, E. (1982). *Social interchange in infancy*. Baltimore, Md. : University Park Press.
- Ueno, N. (1993). Reconsidering p-prims theory from the viewpoint of situated cognition. *Cognition and instruction*, 10(2-3), 239-248.
- Vergnaud, G. (1987). Les fonctions de symbolisation dans la formation des connaissances de l'enfant. In J. Piaget, P. Mounard & J. P. Bronckart (Eds.), *Psychologie. Encyclopédie de la Pléiade* (pp. 821-844). Paris : Gallimard.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactiques de mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Vergnaud, G. (1991). Morphismes fondamentaux dans les processus de conceptualisation. In G. Vergnaud (Ed.), *Les sciences cognitives en débat* (pp. 15-28). Paris : Editions du CNRS.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In Barbier, J. M. (Ed.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris : PUF.
- Vergnaud, G. (2007). Héritages. In M. Merri (Ed.), *Activité humaine et conceptualisation* (pp. 27- 37). Toulouse : Presses Universitaires du Mirail.
- Vergnaud, G. (Ed.) (1994), *Apprentissages et didactiques, où en est-on ?* Paris : Hachette Education.

- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction, 4*, 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth. A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*, 535-585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth : a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*, 535-585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models and the day/night cycle. *Cognitive Science, 18*, 123-183.
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education : a psychological point of view. *International Journal of Science Education, 20*, 1213-1230.
- Vygotski, L. S. (1934/1985). *Pensée et langage*. Paris : Editions Sociales.
- Vygotski, L. S. (1935/1997). *Pensée et langage*, 3^e éd.en langue française. Paris : La Dispute.
- Wallon, H. (1946/1985) Le rôle de « l'autre » dans la conscience du « moi ». *Enfance, numéro spécial* : 87-94.
- Wallon, H. (1947/ 1985). L'étude psychologique et sociologique de l'enfant. *Cahiers International de sociologie*, 1947, rééd. In *Enfance*, 7^e éd., 1985.
- Wallon, H. (1952/ 1985). Les étapes de la sociabilité chez l'enfant. *Ecole libérée*, 1952, rééd. In *Enfance*, 7^e éd., 1985.
- Wallon, H. (1959). Psychologie et éducation de l'enfance. *Enfance*, 3-4.

- Weil-Barais, A. (1994). Heuristic value of the notion of zone of proximal development in the study of child and adolescent construction of concepts in physics. *European Journal of Psychology of Education*, 9(4), 367-383.
- Weil-Barais, A. (2005). Approches psycho-didactiques In A. Weil-Barais & M. Goffard (Eds.), *Enseigner et apprendre les sciences* (pp. 133- 171). Paris : Armand Colin.
- Weil-Barais, A. (Ed.) (2004). *Les apprentissages scolaires*. Rosny sous Bois: Bréal.
- Weil-Barais, A., & Bouda, N. (2004). Contexte social et interactionnel d'activités expérimentales à l'école primaire. *Aster, Interactions langagières*, 2, 38, 211-244.
- Weil-Barais, A., & Resta-Schweitzer, M. (2008). Approche cognitive et développementale de la médiation en contexte d'enseignement-apprentissage. *Nouvelle Revue AIS*, 42, 83-98.
- Weil-Barais, A., Gaux, C., & Iralde, L. (2007). Développement des fonctions pragmatiques et cognitives de l'écriture. In J. P. Gaté & C. Gaux, (Eds.), *Lire-Ecrire de l'enfance à l'âge adulte. Genèse des compétences, pratiques éducatives, impacts sur l'insertion professionnelle* (pp. 57-76). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Weil-Barais, A., Lemeignan, G., & Séré, M.G. (1990). Acquisition de connaissances scientifiques et développement. In G. Netchine-Grynbers (Ed.), *Développement et fonctionnement cognitifs chez l'enfant* (pp. 247-259). Paris : PUF.
- Weil-Barais, A., Séré, M. G., & Landier, J. C. (1986). Etude de l'évolution de l'interprétation d'expériences mettant en jeu l'air chez des élèves de CM2. *Journal Européen de Psychologie de l'Education*, 3, 9-30.
- Wellman, H. M. (1990). *The Child's Theory of Mind*. Cambridge, MA : MIT Press.

- Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Wertsch, J. V. (1985a). *Culture, Communication and Cognition*. New York: Columbia University Press.
- Wertsch, J. V. (1985b). The semiotic mediation of mental life. In E. Mertz & R.A. Parmentier (Eds.), *Signs in society: Psychological and socio cultural studies in semiotic mediation*. New York : Academic Press.
- Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wiser, M., & Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A Stevens (Eds.), *Mental models*. New York : Academic Press.
- Witkin, H. A., Oltman, P. K., Rakin, E., & Karp, S. A. (1971). *A manual for the embedded figures test*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist.
- Xypas, C. (1997). *Piaget et l'éducation*. Paris : PUF.
- Xypas, C. (2001). *L'autre Piaget. Cheminement intellectuel d'un éducateur d'humanité*. Paris : L'Harmattan.
- Zaporozetz, A., & Lissina, M. I. (Eds.) (1974). *Razvitie obsčeniia u doskol'nikov*. Moscou : Pedagogika.
- Zazzo, R. (1974). *L'attachement*. Paris : Delachaux & Niestlé.
- Zazzo, R. (1986). *La première année de la vie*. Paris : PUF.
- Zimmerman, C. (2005). The development of scientific reasoning skills : what psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. *Final*

*draft of a report to the National Research Council Committee on Science
Learning Kindergarten through Eighth Grade, Illinois State Universit*

. INDEX DES AUTEURS

A

Aboud, 343
 Abrams, 113, 344
 Adey, 16, 17, 40, 41, 331
 Amsel, 15, 17, 18, 39, 41, 42, 338
 Anderson, 84, 104
 Anzelmo, 344
 Anzelmod, 113
 Asensio, 333
 Aubert, 99, 101, 331

B

Bachelard, 18, 42, 123, 331
 Bagakis, 98, 101
 Baldy, 99, 101, 331
 Baquero, 331
 Barrière, 344
 Bautier, 68, 331
 Beillerot, 167, 331
 Bell, 339
 Bendall, 149
 Berli, 101
 Bernicot, 331
 Berti, 102, 331
 Bideau, 63, 331
 Biggs, 62, 332
 Blakeslee, 84, 104
 Blanchard Laville, 331
 Blaye, 62, 332
 Boilevin, 98
 Bonica, 344
 Bouda, 17, 41, 136, 347
 Bouillet, 331
 Bouzas, 84
 Bovet, 91, 92, 101, 338
 Bowlby, 68, 332

Brasseur, 84
 Brewer, 89, 90, 104, 108, 111, 159, 346
 Britton, 15, 39, 337
 Bronckart, 52, 151, 332, 345, 494
 Brossard, 69, 70, 72, 73, 169, 332
 Brown, 84, 111, 332
 Brule, 130, 338
 Bruner, 167
 Burns, 70, 334
 Butterworth, 84, 332

C

Calmettes, 224, 332
 Camilloni, 84, 332
 Carey, 84, 102, 104, 107, 108, 110, 111, 332, 333, 348
 Caron-Pargue, 331
 Carretero, 39, 101, 112, 331, 333, 342, 344
 Case, 61, 62, 63, 75, 333
 Castorina, 84, 333
 Cauzinille-Marmèche, 17, 41, 333
 Chalon Blanc, 54, 163, 334
 Charalampopudou, 98
 Chi, 104, 109, 110, 111, 334
 Claparède, 49
 Clark, 103, 111, 112, 113, 334, 340
 Cohen, 164, 334
 Coll, 70, 334
 Collis, 62, 332
 Coquidé-Cantor, 15, 39, 334
 Cornut, 57
 Cousinet, 49
 Croguennec, 130, 338
 Cummins, 113, 344

D

Davis, 112, 339

de Ribaupierre, 343
 Decroly, 49
 Deloache, 70, 164, 334
 Dermott, 149
 Detienne, 70, 169, 334
 Devichi, 99, 101, 331
 Devries, 122, 123, 135, 272, 334
 Diakidoy, 23, 96, 101, 116, 335
 DiSessa, 89, 111, 112, 335
 Doise, 69, 335
 Doron, 332
 Duit, 84, 335
 Dumas Carré, 23, 97, 101, 116, 122, 123, 124,
 126, 128, 145, 170, 290, 324, 335
 Dumas-Carré, 335
 Dusseau, 99, 101, 331

E

Else, 233
 Eshach, 15, 18, 39, 42, 335
 Eylon, 112, 339

F

Favrat, 99, 101, 331
 Fawaz, 149, 335
 Feher, 149, 336
 Fensham, 337
 Fernandez, 87, 88, 90, 222, 336
 Ferreira, 70, 336
 Ferrière, 49
 Florin, 269, 336
 Forgeron, 84, 104
 Forman, 335
 Freinet, 49
 Fried, 15, 18, 39, 42, 335

G

Galili, 149
 Gallistel, 104, 336

Garcia, 16, 19, 22, 40, 42, 59, 73, 74, 76, 83,
 121, 122, 123, 131, 132, 133, 134, 136, 151,
 152, 171, 177, 222, 319, 340, 342, 494
 Garcia-Mila, 16, 40
 Gardner, 164, 336
 Garrard, 16, 40, 341
 Garton, 334
 Gaté, 347
 Gaux, 169, 347
 Gavilan Bouzas, 336
 Gelman, 84, 104, 333, 336
 Gergen, 343
 Gertzog, 104, 105, 111, 342
 Gillan, 98, 101, 337
 Gilly, 273, 337
 Giordan, 15, 39, 334, 337
 Glynn, 15, 39, 337
 Godet, 57
 Goldberg, 149
 Gomez-Grannell, 16, 40, 340
 Goodhew, 98, 101, 337
 Goody, 70, 169, 337
 Griffin, 62, 333
 Grossen, 275, 337
 Gunstone, 15, 39, 337

H

Hannust, 23, 101, 103, 116, 337
 Hatano, 104, 110, 111, 337
 Hayes, 23, 98, 101, 116, 337
 Heit, 98, 101, 337
 Hewson, 104, 105, 108, 111, 337, 342
 Hinde, 69, 338
 Hunt, 112, 338

I

Inagaki, 104, 110, 111, 337
 Inhelder, 23, 59, 87, 91, 92, 101, 116, 162, 224,
 338, 342

Ioannides, 84, 104, 108, 110, 111, 338, 346

Iralde, 169, 347

J

Jansen, 88, 90, 345

Jeantet, 130, 338

Jouen, 122, 340

K

Karmiloff-Smith, 70, 164, 338, 339, 345

Karp, 87, 338, 348

Kayoko, 16, 40, 338

Kendeou, 96, 101, 335

Kerbrat-Orecchioni, 338

Khun, 15, 18, 39, 42

Kikas, 101, 103, 337

Konstadt, 87, 338

Kuhn, 17, 41, 104, 338

L

Landier, 84, 92, 101, 347

Lautrey, 63, 86, 90, 339, 340, 343

Lave, 84, 339

Lebeaume, 3

Lee, 70, 164, 339

Lemaire, 62, 332

Lemeignan, 18, 42, 84, 122, 144, 145, 152, 339,
347

Lenzi, 84, 333

Levinas, 84, 339

Lewis, 68, 339

Light, 332

Linder, 84, 104, 339

Linn, 112, 339

Lissina, 69, 348

Lurçat, 174, 339

M

Maisonnet, 344

Marchesi, 334

Mart, 16

Marti, 3, 40, 52, 70, 164, 169, 334, 339, 340

Martinand, 123, 340

Mathieu, 17, 41, 333

Mazens, 86, 90, 340

McCloskey, 104

McGilly, 338

McLaughlin, 62, 340

Merle, 99, 101, 331

Mila, 340

Minarik, 231, 233, 340

Minstrell, 112, 338

Miras, 70, 340

Molina, 122, 340

Montessori, 49

Mosconi, 331

Mounard, 345, 494

Moussu, 84, 344

Mugny, 69, 335

Munier, 99, 101, 331

Musatti, 344

N

Nelson, 333

Netchine-Grynberg, 331

Netchine-Grynbers, 347

Nobes, 89, 90, 341

Novak, 335

O

O' Loughlin, 18

O'Loughlin, 15, 17, 39, 41, 42, 338

Okey, 16, 40, 341

Olivares, 84, 340

Olson, 70, 169, 337, 340

Oltman, 348

Orozco, 340

Ozdemir, 103, 340

P

Padilla, 16, 40, 341
 Palacios, 334
 Palincsar, 332
 Panagiotaki, 23, 89, 90, 116, 117, 341
 Papamichaël, 93, 101, 343
 Parot, 332
 Pascual-Leone, 62, 63, 341
 Perret-Clermont, 69, 338, 341
 Pestalozzi, 49
 Piaget, 19, 22, 42, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61,
 62, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87,
 88, 90, 104, 121, 122, 123, 131, 132, 133, 134,
 135, 136, 151, 152, 162, 171, 172, 177, 222,
 224, 272, 319, 333, 334, 336, 340, 341, 342,
 345, 348, 494
 Pierre-Puységur, 63
 Pope, 333
 Posner, 104, 105, 106, 111, 342
 Potton, 89, 90, 341
 Pozo, 39, 70, 84, 333, 340, 342
 Pratt, 334
 Pufall, 335
 Puységur, 331

R

Rakin, 348
 Ravanis, 23, 85, 90, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 101,
 116, 122, 123, 124, 125, 135, 335, 343
 Rayna, 344
 Rémi-Giraud, 339
 Resta-Schweitzer, 70, 71, 73, 288, 343, 347, 485,
 486, 487, 488, 491
 Reymond, 58
 Ribaupierre, 63
 Rice, 149, 336
 Rieben, 63, 343
 Rivière, 69, 343

Rochex, 68, 331
 Rodriguez, 84, 340
 Rommetveit, 274, 343
 Rosenblum, 69, 339
 Roux, 84, 273, 337, 344

S

Saljo, 159
 Säljö, 344
 Sander, 339
 Schaffer, 68, 344
 Schnotz, 101, 331, 344
 Scholnick, 333
 Schoultz, 159, 160, 344
 Schubauer-Leon, 275
 Schubauer-Leoni, 344
 Schuck, 130, 338
 Sendak, 231, 233, 340
 Séré, 18, 42, 84, 92, 101, 344, 347
 Sharp, 84, 344
 Shourcheh, 97
 Simons, 333
 Sinclair, 91, 92, 101, 338
 Southerland, 113, 344
 Southerland., 113
 Stambak, 69, 344
 Steren, 16, 40, 340
 Stevenson-Hinde, 69, 338
 Straatemeier, 88, 89, 90, 345
 Strickland, 343
 Strike, 104, 105, 106, 111, 342

T

Thus, 106, 111
 Tiberghien, 339
 Tolchinsky, 70, 164
 Tolchinsky-Landsmann, 345
 Torrance, 337

Trognon, 274, 287, 331, 337

Tronick, 69, 345

U

Ueno, 112, 345

V

van der Maas, 88, 90, 345

Verba, 344

Vergnaud, 16, 40, 52, 53, 56, 64, 65, 76, 77, 113,
114, 115, 121, 152, 160, 165, 345, 494

Viennot, 149, 335

Vila, 69

Villeret, 3, 202, 485, 486, 487, 491

Vosniadou, 84, 89, 90, 101, 104, 108, 109, 110,
111, 159, 331, 338, 344, 346

Vygostki, 167

Vygotski, 18, 42, 54, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73,
75, 76, 151, 166, 167, 168, 169, 332, 340, 343,
346, 487, 494

W

Wallon, 54, 65, 66, 67, 68, 75, 331, 346

Weil Barais, 335

Weil-Barais, 3, 17, 18, 23, 41, 42, 65, 69, 70, 71,
73, 79, 83, 84, 92, 97, 101, 116, 122, 136, 144,
145, 152, 169, 288, 333, 335, 339, 343, 344,
347, 485, 486, 487, 491

Wellman, 104, 347

Wenger, 84, 339

Wertsch, 69, 170, 348

Wertsh, 170

White, 337

Wiser, 104, 348

Witkin, 87, 348

Wyndham, 344

Wyndham, 159

X

Xypas, 3, 54, 57, 348

Y

Yeany, 15, 39, 337

Z

Zaporozetz, 69, 348

Zazzo, 68, 69, 348

Zimmerman, 15, 39, 348

. INDEX DES ILLUSTRATIONS

Index des figures

Figure 1 : Structure de la thèse	46
Figure 2 : Éléments d'analyse de l'apprentissage retenus dans notre étude.....	51
Figure 3 : Modèle tripolaire dans la théorie piagétienne.....	57
Figure 4 : Relation entre développement conceptuel et développement cognitif selon Vygotski	76
Figure 5 : Composants et déterminants de l'évolution du processus de conceptualisation .	118
Figure 6 : Emulsions et phases	130
Figure 7 : Schématisation du modèle général du développement (Piaget & Garcia, 1983) en tant que mécanisme d'ensemble.	134
Figure 8 : Synthèse dans l'approche du traitement du réel, de l'intra au quasi-inter et à l'interobjectif à propos du phénomène de la formation des ombres	137
Figure 9 : Traitement intraobjectif du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre.....	143
Figure 10 : Traitement interobjectif du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre.....	143
Figure 11 : Éléments du modèle précurseur à propos du phénomène physico-chimique de la fabrication du beurre	148
Figure 12 : Les registres de la connaissance (d'après Vergnaud, 1987).....	160
Figure 13 : Exemple 1 de traitement relationnel du phénomène de la formation des ombres au plan graphique.....	184
Figure 14 : Exemple 2 de traitement relationnel du phénomène de la formation des ombres au plan graphique.....	184

Figure 15 : Résultats concernant la modalité verbale en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)	186
Figure 16 : Résultats concernant la modalité graphique, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-inter objectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)	188
Figure 17 : Exemples de traitement relationnel correct du phénomène de la formation des ombres au plan graphique.....	203
Figure 18 : Exemples de traitement relationnel incorrect du phénomène de la formation des ombres au plan graphique.....	203
Figure 19 : Résultats concernant la modalité verbale, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)	207
Figure 20 : Résultats concernant la modalité graphique, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)	208
Figure 21 : Résultats concernant la modalité pragmatique, en pourcentage d'enfants par catégorie du traitement du réel : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal)	210
Figure 22 : Registre verbal : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au pré-test : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-inteobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal).....	266
Figure 23 : Registre graphique : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au pré -test : CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement	

intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal).....	267
Figure 24 : Registre verbal : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au post –test. CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal).....	268
Figure 25 : Registre graphique : Pourcentage d'enfants par catégorie dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental au post –test. CO (hors modèle), C1 et C2 (traitement intraobjectal), C3 (traitement quasi-interobjectal), C4 et C5 (traitement interobjectal).....	269
Figure 26 : Résultats du référentiel développemental ainsi que du groupe expérimental aux pré et post-test dans la modalité verbale [CO (hors modèle)], C1 et C2 (traitement intraobjectal)], C3 (traitement quasi-interobjectal) [ainsi que C4 et C5 (traitement interobjectal)].....	270
Figure 27 : Résultats du référentiel développemental ainsi que du groupe expérimental aux pré et post-test dans la modalité graphique [CO (hors modèle)], [C1 et C2 (traitement intraobjectal)], [C3 (traitement quasi-interobjectal) [C4 et C5 (traitement interobjectal)].....	271
Figure 28 : Production graphique de Loïc (C5)	276
Figure 29 : Travail à compléter présenté aux enfants dans le post-test	300
Figure 30 : Représentation du travail graphique de formalisation	302
Figure 31 : Présentation du contenu de l'enveloppe donnée à chaque enfant pour le travail de formalisation	303
Figure 32 : Prédiction des enfants (1 à 4) à propos de la fabrication du beurre	304
Figure 33 : Prédiction 5	306
Figure 34 : Prédiction 6 : crème + machine = beurre	311

Index des photos

Photo 1 : Matériel utilisé lors des entretiens individuels dans la modalité pragmatique.....	175	
Photo 2 et Photo 3 : Exemples dans le montage de traitement relationnel correct.....	204	
Photo 4 et Photo 5 : Exemples dans le montage de traitement relationnel incorrect.....	204	
Photo 6 : Formalisation du groupe dans le calendrier de la classe	242	
Photo 7 : Photographie de la production de L qui a été au cœur du débat	290	
Photo 8 : Réalisation prédiction 1	Photo 9 : Réalisation prédiction 2.....	305
Photo 10: Réalisation des préparations (1 à 4).....	305	
Photo 11 : Expérimentation de la prédiction 5	Photo 12 : Cuisson du lait.....	307
Photo 13 : Dégustation du lait entier et écrémé	307	
Photo 14 : L'enseignant montre les traces de la matière grasse.....	308	
Photo 15 : Schématisation de la matière grasse dans la crème.....	308	
Photo 16 : Résultat de la prédiction 5, formation de la crème en surface après refroidissement.....	309	
Photo 17 : Consignes de sécurité.....	311	
Photo 18 : Présentation de la crème à 15% de matière grasse	312	
Photo 19 : Expérience réalisée avec la crème à 15% de matière grasse.....	312	
Photo 20 : Expérience réalisée avec la crème à 40% de matière grasse.....	313	
Photo 21 : Résultats des expériences, avec la crème à 15% (1) et avec la crème à 40% (2)	313	
Photo 22 : Résultat après malaxage.....	313	
Photo 23 : Les globules de matière grasse agités se soudent en petits grains, le babeurre s'écoule.....	314	
Photo 24 : Schématisation de la transformation	314	

Photo 25 : Travail de formalisation	315
Photo 26 : zoom sur une production	315
Photo 27 : Les travaux de formalisation sont exposés au tableau	316
Photo 28 : Les enfants expliquent leurs productions.....	316

Index des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de recherches utilisant la méthode d'entretien individuel...	90
Tableau 2 : Tableau récapitulatif de recherches évaluant l'effet des séquences d'intervention	101
Tableau 3 : Tableau récapitulatif des recherches à propos du changement conceptuel dans l'approche "knowledge-as-theory"	111
Tableau 4 : Les trois fonctions des signifiants d'après Vergnaud (1994).....	115
Tableau 5: Comparaison entre le phénomène physique de la formation des ombres et la fabrication du beurre	144
Tableau 6 : Tableau chronologique des recherches empiriques	161
Tableau 7 : Catégories de traitement du réel avec les différents critères d'appartenance des enfants dans le registre verbal (V)	176
Tableau 8 : Catégories de traitement du réel avec les différents critères d'appartenance dans le registre graphique (G).....	178
Tableau 9 : Catégories de traitement du réel avec les différents critères d'appartenance dans le registre pragmatique (P)	178
Tableau 10 : Patterns de traitement du réel en PSM	190
Tableau 11 : Patterns de réponses en MSM.....	190
Tableau 12 : Patterns de traitement du réel en GSM.....	190
Tableau 13 : Catégorie hors modèle (CO) du traitement du réel dans les deux registres d'expression	191
Tableau 14 : Catégorie intraobjectale (C1) du traitement du réel dans les deux registres d'expression	192
Tableau 15 : Catégorie intraobjectale (C2) du traitement du réel dans les deux registres	

d'expression	193
Tableau 16 : Catégorie quasi-interobjectale (C3) du traitement du réel dans les deux registres d'expression	193
Tableau 17 : Catégorie C1 dans le registre verbal et C0 dans le registre graphique.....	195
Tableau 18 : Catégorie C2 dans le registre verbal et C1 dans le registre graphique.....	195
Tableau 19 : Catégorie C4 dans le registre verbal et C3 dans le registre graphique.....	196
Tableau 20 : Catégorie C1 dans le registre graphique et C0 dans le registre verbal.....	196
Tableau 21 : Catégorie C3 dans le registre graphique et C2 dans le registre verbal.....	197
Tableau 22 : Catégorie C4 dans le registre graphique et C3 dans le registre verbal.....	197
Tableau 23 : Catégorie C5 dans le registre verbal et C3 dans le registre graphique.....	198
Tableau 24 : Catégorie intraobjectale (C2) dans le registre graphique et hors modèle (C0) dans le registre verbal	199
Tableau 25 : Patterns de réponses dans l'ensemble de l'échantillon de l'école primaire (CP, CE1, CE2, CM1 et CM2) -pourcentage et effectifs entre parenthèses-	212
Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats de patterns de réponse selon les niveaux scolaires avec le nombre des productions par niveau de traitement (C0 : hors modèle ; C1 et C2 : intraobjectal ; C3 : quasi-interobjectal ; C4 et C5 interobjectal)	215
Tableau 27 : Catégorie 1 dans les trois registres (Pattern VPG).....	218
Tableau 28 : Catégorie 2 dans les trois registres (Pattern VPG).....	218
Tableau 29 : Catégorie 3 dans les trois registres.....	218
Tableau 30 : Catégorie 4 dans les trois registres.....	219
Tableau 31 : Catégorie 5 dans les trois registres.....	220
Tableau 32 : Modalité graphique, pragmatique et verbale chez Abe (10 ;3) CM2 (Pattern VP-G).....	221

Tableau 33 : Modalité graphique, pragmatique et verbale chez Jus (9 ;4) CM1.....	222
Tableau 34 : Modalité graphique, pragmatique et verbale chez Ale (10 ;9) CM2	224
Tableau 35 : Questions, objectifs et consigne lors des entretiens de pré et post-tests	233
Tableau 36 : Protocole programmé de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos du phénomène de la formation des ombres.....	234
Tableau 37 : Fonctions et caractéristiques des artefacts utilisés dans la séquence d'enseignement-apprentissage à propos des ombres	234
Tableau 38 : Type d'organisation des activités de la séquence d'enseignement-apprentissage destinée à des enfants de GSM, à propos des ombres	235
Tableau 39 : Activité projection du film, description des objectifs et du matériel	236
Tableau 40 : Tableau récapitulatif des objectifs et du matériel de l'activité expérimentale ..	240
Tableau 41 : Tableau récapitulatif des 5 situations-problèmes auxquelles les enfants ont été confrontés	241
Tableau 42 : Objectifs et matériel de l'activité de formalisation proposée lors de la 1 ^{ère} séance	241
Tableau 43 : Objectifs et matériel de l'activité expérimentale 2.....	243
Tableau 44 : Objectifs et matériel de l'activité expérimentale 3.....	243
Tableau 45 : Objectifs et matériel de la 3 ^{ème} activité de la 2 ^{ème} séance	244
Tableau 46 : Registre langage : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; V : Verbal)....	257
Tableau 47 : Registre graphique : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; G : graphique)	260
Tableau 48 : Décalages dans les degrés d'évolution ainsi que dans la qualité de l'évolution	

des productions des enfants dans les deux registres d'expression.....	263
Tableau 49 : Distribution du nombre de tours de parole concernant l'ensemble des locuteurs dans la séquence d'enseignement-apprentissage	272
Tableau 50 : Tours de parole par enfant au cours des activités qui composent les deux séances de la séquence d'enseignement-apprentissage.....	274
Tableau 51 : Relation entre l'évolution des enfants dans les deux registres d'expression et leurs interventions	275
Tableau 52 : Relation entre l'évolution des enfants dans la modalité graphique et la réussite ou l'échec aux deux formalisations graphiques	278
Tableau 53 : Quantification des tours de paroles des adultes (interventions de l'enseignant et du chercheur) à propos de caractéristiques sociales de l'activité scientifique	279
Tableau 54 : Objet du discours des enfants.....	281
Tableau 55 : Les éléments constitutifs de la formation de l'ombre dans le discours des enfants pris en compte de façon isolée	282
Tableau 56 : Expression de relations dans le discours des enfants entre les différents éléments nécessaires à la construction de l'ombre.....	283
Tableau 57 : Questions et consignes dans les entretiens pré-test et post-test dans les modalités verbale et graphique.....	299
Tableau 58 : Questions posées aux enfants concernant la phase du schéma à compléter lors du post-test	300
Tableau 59 : Contenu des séances de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la fabrication du beurre	301
Tableau 60 : Catégories de traitement du réel du phénomène de la fabrication du beurre avec les différents critères d'appartenance dans le registre verbal (V)	317

Tableau 61 : Catégories de traitement du réel du phénomène de la fabrication du beurre avec les différents critères d'appartenance dans le registre graphique(G).....317

Tableau 62 : Registre langage : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; V : Verbal)....318

Tableau 63 : Registre graphique : relation entre les niveaux de représentation avant et après la séquence d'enseignement (E1 : entretien pré-test ; E2 : entretien post-test ; G : graphique)319

. ANNEXES

. Annexe I: Transcription de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la formation des ombres

1^{ère} séance **1^{ère} activité** : projection du film : « Petit ours », échanges à propos du film

1. Enseignant : Alors, que s'est-il passé dans ce dessin animé, quelqu'un peut me raconter ?

Qu'est-ce que vous pouvez me raconter ?

2. Les enfants : c'est l'histoire d'un petit ours

3. Enseignant : qu'est-ce qui lui est arrivé à ce petit ours ?

4. Loic : il a eu un nouvel ami

5. Enseignant : qui peut nous dire qui était ce nouvel ami ?

6. Loic : Ah ! Ce n'était pas vraiment un être humain mais ce n'était pas vraiment un ours, mais il y avait l'ombre de petit ours dont il croyait...

7. Enseignant : Bon, t'as dit beaucoup de choses, donc tu peux me dire simplement qui est l'ami de petit ours ?

8. Vanessa : son ombre

9. Enseignant : et toi tu m'as dit que ce n'était pas vraiment un humain, qu'est-ce que vous pouvez me dire là-dessus ?

10. Loic : c'était une ombre parce que le soleil éclaire fort

11. Enseignant : alors, c'était une ombre parce que le soleil éclaire fort, Florian qu'est-ce que tu avais à me dire ?

12. Florian : il était avec son papa qui peignait

13. Paul : il jouait avec petit ours

14. Vanessa : il jouait avec son ombre

15. Enseignant : d'accord, et son ombre d'après vous, qu'est-ce qui se passe avec son ombre, à toi Vanessa ?

16. Vanessa : il grimpeait dans les arbres et son ombre, elle faisait pareil que lui parce que c'était son ombre

17. Enseignant : oh oui ! Elle faisait pareil parce que c'était son ombre, Sarah, qu'est-ce que tu voulais dire ?

18. Un enfant : qu'il rentre à la maison avec son ombre, son nouvel ami

19. Dorian : après, il allait voir son copain grenouille

20. Enseignant : alors, il allait voir son copain grenouille mais à un moment, vous n'avez pas remarqué, avant d'aller voir grenouille qu'est-ce qui s'est passé avec son ombre ? , Paul

21. Paul : elle a disparu parce que le soleil était caché par les nuages

22. Enseignant : elle a disparu son ombre, très bien, mais d'après vous, pourquoi elle a disparu son ombre. Donc, toi Paul, tu penses... Pourquoi elle a disparu ?

23. Paul : parce que les nuages cachaient le soleil, le soleil qui fait l'ombre, parce que les nuages cachaient le soleil,

24. Enseignant : est-ce que tout le monde est d'accord avec Paul ?

25. Les enfants : oui

26. Enseignant : est-ce qu'il n'y a pas quelqu'un qui pense autre chose, qu'est-ce que tu penses toi Loïc ?

27. Loïc : je pense que c'est les arbres avec leurs feuilles et aussi les nuages comme le dit Paul, il avait dit qu'elle le suivait partout et il s'amusait et puis...

28. Enseignant : D'accord, pourquoi elle revient l'ombre à un moment donné, puis elle disparaît tout à coup, elle revient, d'après vous pourquoi, Carmen ?

29. Carmen : parce que le soleil il se cachait derrière les nuages et l'ombre a disparu, et quand le soleil est revenu, l'ombre elle est revenue aussi

30. Enseignant : très bien ma puce, donc pensez-vous, de quoi a-t-on besoin pour voir l'ombre ?

31. Loïc : signale par terre et dit : eh bien là il y a une ombre

32. Enseignant : alors on a besoin de quoi ?

33. Loïc : et bah ! De la lumière qui vient de là bas et ça fait une ombre là

34. Enseignant : toi, tu penses que nous avons besoin de la lumière et toi Vanessa ?

35. Vanessa : la lumière

36. Enseignant : qu'est-ce qui nous fournit la lumière ?

37. Loïc : de l'électricité quand on allume la lumière, du soleil...

38. Enseignant : C'est très bien, donc tout le monde est d'accord ?

39. Loïc : oui et d'une lampe électrique aussi

40. Chercheur : Emmanuel, j'aimerais poser une question

41. Enseignant : oui, vas-y Marcela

42. Chercheur : pensez-vous que seule la lumière est nécessaire pour faire l'ombre ou vous avez besoin d'autres choses en même temps ?

43. Un enfant : on a besoin seulement de la lumière

44. Chercheur : on a besoin seulement de la lumière !, tout le monde est d'accord ?

45. Enseignant : vous levez le doigt pour parler, pas tous en même temps, Florian
46. Florian : des fois on a besoin du noir et de la lumière
47. Enseignant : du noir et de la lumière, très bien, mais est-ce qu'on a besoin d'autres choses ?
48. Loïc : des fois ça peut être des arcs-en-ciel qui font une petite lumière
49. Chercheur : de tout ce qui a une petite lumière ?
50. Un enfant : mais les arcs-en-ciel ça ne se voit pas trop
51. Chercheur : là-bas, il y a deux garçons qui sont en train de discuter, j'aimerais bien savoir ce qu'en pensent.
52. Enseignant : Louis et Dorian, qu'est-ce que vous en pensez, qu'est-ce que tu en penses
Dorian, pour voir notre ombre on a besoin de quoi d'après toi ?
53. Le groupe répond : de la lumière
54. Enseignant : Dorian je t'ai posé la question
55. Dorian : de la lumière, mais aussi on peut la voir dans le noir
56. Chercheur : est-ce que vous vous rappelez quand je suis venue la première fois ?
57. Les enfants : oui
58. Chercheur : nous avons discuté ensemble...
59. Loïc : de la lumière
60. Vanessa : et il fallait dessiner notre ombre.
61. Chercheur : oui, et vous avez réalisé de beaux dessins, il fallait dessiner votre ombre, mais vous avez dessiné la lumière dans vos dessins ?
62. Les enfants : oui

63. Chercheur : tout le monde a dessiné la lumière ? Vous vous rappelez ?

64. Dorian : c'est moi qui n'aie pas dessiné la lumière

65. Chercheur : Alors, qu'as tu dessiné?

66. Dorian : les personnages

67. Chercheur : que les personnages. Mais avons-nous besoin que de la lumière pour faire l'ombre ?

68. Les enfants : non

69. Enseignant : Vanessa, on a besoin de quoi ma puce ?

70. Vanessa : de nous pour faire notre ombre

71. Enseignant : d'accord

72. Vanessa : de nous parce que s'il n'y a que le soleil, nous ne pouvons pas faire notre ombre

73. Loïc : mais aussi, des fois, quand le soleil il est là et qu'il n'y a personne, ça fait l'ombre des arbres, des feuilles

74. Chercheur : ah ! C'est intéressant

75. Enseignant : oui c'est intéressant, écoutez ce qu'il a dit Loïc, si on n'est pas là ...

76. Vanessa : ça ne fait que l'ombre des arbres et des feuilles

77. Loïc : et puis aussi des branches

78. Enseignant : il peut avoir l'ombre de quoi encore à l'extérieur, Léandra

79. Léandra : les ombres des maisons

80. Loïc : des cheminées

81. Léandra : d'un tronc

82. Enseignant : L'ombre d'un tronc !

83. Loïc : L'ombre d'un immeuble, l'ombre d'un chat, d'un chien

84. Chercheur : Dans le film, petit ours dit : « j'ai perdu mon ombre », je n'ai pas compris, vous pouvez peut-être m'expliquer : est-ce qu'on peut perdre son ombre ?

85. Les enfants : non, oui

86. Chercheur : pourquoi?

87. Loïc : si le soleil n'est pas là ça veut pas dire qu'on a perdu son ombre, son ombre elle est dans le ciel, et puis le matin elle apparaît puisqu'il y a de la lumière, s'il n'y a pas de lumière il n'y a rien du tout

88. Chercheur : tu crois que l'ombre est toujours là ?

89. Loïc : non

90. Chercheur : tu viens de me dire qu'elle était dans le ciel et réapparaissait avec le soleil.

91. Florian : en fait elle disparaît notre ombre

92. Chercheur : pourquoi elle disparaît ?

93. Loïc : parce qu'il n'y a pas de soleil, il n'y a pas du tout de lumière

94. Chercheur : dis-moi, l'ombre elle est comme toi ?

95. Loïc : oui, puisque si on avait un chien, on voit ses quatre pattes, ses oreilles mais on ne voit pas ses yeux

96. Chercheur : mais il y a quelque chose que je ne comprends pas, pourquoi l'ombre n'a pas mangé si elle est comme nous ?

97. Chuchotement

98. Chercheur : l'ombre est-elle réelle, est-ce quelqu'un comme nous ?

99. Les enfants : non

100. Chercheur : elle existe tout le temps comme nous ?

101. Loïc : non, elle ne mange pas de la soupe.

102. Chercheur : elle n'a pas mangé sa soupe, c'est petit ours qui la mangeait.

103. Vanessa : oui même c'est petit ours qui a mangé la soupe de son ombre.

104. Chercheur : et toi Emmanuel, tu en penses quoi, moi je n'ai pas compris.

105. Enseignant : moi non plus, d'ailleurs pourquoi la maman de petit ours est étonnée quand petit ours lui présente son nouveau copain, pourquoi elle est étonnée d'après vous, Vanessa ?

106. Vanessa : parce que c'est son ombre.

107. Loïc : sa maman est étonnée mais lui non.

108. Enseignant : oui c'est la maman qui est étonnée, pourquoi nous sommes étonnés quand quelqu'un nous présente son ombre, as-tu déjà présenté ton ombre Florian ?

109. Florian : non.

110. Enseignant : Pourquoi ?

111. Florian : parce que.

112. Vanessa : c'est bizarre de présenter son ombre.

113. Enseignant : pourquoi c'est bizarre de présenter son ombre ?

114. Florian : on n'a pas toujours l'idée.

115. Loïc : parce que des fois on présente son ombre et c'est parce que il y a quelqu'un derrière lui de sa même taille, ou des fois c'est parce que c'est lui-même qui a découpé un carton et qu'il a mis derrière lui pour faire croire qu'il en a deux.

116. Chercheur : tu veux dire comme un théâtre d'ombres?

117. Chuchotements.

118. Chercheur : mais moi, je ne comprends pas encore une chose, et vous que Marcela ne comprend rien du tout !

119. Les enfants : non.

120. Chercheur : c'est vrai, vous me dites que l'ombre n'est pas comme nous, qu'elle n'est pas réelle et vous m'expliquez qu'on peut la présenter, alors je ne comprends plus.

121. Enseignant : Vanessa elle a dit qu'on ne pouvait pas la présenter !

122. Chercheur : mais Loïc dit qu'on peut la présenter.

123. Loïc : on la présente, mais après la maman s'est étonnée et elle n'a rien compris.

124. Enseignant : alors on a besoin de quoi pour voir notre ombre, j'aimerais entendre tout le monde, Léandra.

125. Léandra : de la lumière.

126. Enseignant : de la lumière, très bien, qu'est-ce qui peut nous donner la lumière, Florian ?

Florian commence à répondre, le maître dit : non Florian, tu réponds à ma question : qu'est-ce qui peut donner de la lumière ?

127. Florian : Des fois on peut avoir chaud.

128. Enseignant : Camille.

129. Camille : silence.

130. Enseignant : qu'est-ce qui peut nous donner de la lumière, Dorian ?

131. Dorian : le soleil.

132. Enseignant : le soleil peut donner de la lumière très bien, autre chose peut nous donner de la lumière, Loïc ?

133. Loïc : de l'électricité et puis quand il y a de la lumière là-haut et là, il y a l'ombre du pied de Paul (l'enfant montre le pied de son copain et montre l'ombre projetée par terre).

134. Enseignant : moi je ne t'ai pas posé cette question, Vanessa.

135. Vanessa : de la lumière, parce que tu l'as déjà posé dans ta question.

136. Enseignant : donc on en a besoin de la lumière pour voir notre ombre, et on a besoin de quoi encore, Loïc.

137. Loïc : on a besoin de nous.

138. Enseignant : très bien, on a besoin de nous.

139. Chercheur : est-ce que Loïc peut nous remontrer, comme tout à l'heure, le pied de son copain, pourquoi tu as fait ça, pour nous montrer quoi ?

140. Loïc : l'enfant reprend le pied de son copain, signale l'ombre projetée par terre et indique l'ombre en-dessous du pied.

141. Enseignant : donc réfléchissez, regardez (l'enseignant prend le pied de Paul), la lumière elle vient d'où Loïc ?

142. Loïc : de là bas (l'enfant signale la source lumineuse), de l'électricité.

143. Enseignant : on a besoin donc de Paul et de quoi encore ?

144. Loïc : de vêtements, de chaussures pour que ça fasse vraiment la forme de son pied.

145. Enseignant : attends Loïc, là tu dis trop de choses, on se concentre, écoutez bien ma question, on a dit qu'on avait besoin de la lumière qui provenait de l'électricité ou du soleil, d'accord, on a dit qu'on avait besoin de nous, par exemple de Paul pour avoir l'ombre, mais on a besoin de quoi d'autre pour la voir cette ombre, Paul ?

146. Paul : du parquet.

147. Enseignant : on a besoin du parquet par exemple ?

148. Paul : sinon on ne peut pas la voir.

149. Enseignant : très bien.

150. Chercheur : Emmanuel, si tu grattes son ombre, est-ce que Loïc va ressentir des « chatouilles » ?

151. Enseignant : il prend le pied de Loïc et dit : on récapitule, on a besoin pour faire l'ombre de la lumière, de Loïc et du parterre pour voir l'ombre, maintenant je la gratte, est-ce que ça te fait des chatouilles à toi ?

152. Loïc : donc c'est parce que c'est le parterre parce qu'en fait c'est une ombre, donc elle n'est pas réelle, donc ça ne fait rien du tout. Loïc prend le pied de Paul et dit : regarde je fais des guillis à son ombre et ça ne lui fait rien, c'est quand je lui fais des guillis sur son visage que ça lui fait quelque chose. Tout le monde rit.

153. Chercheur : qui fait l'ombre ?

154. Loïc : la lumière forcément.

155. Chercheur : la lumière forcément toute seule ?

156. Loïc : non des fois ça peut être le soleil.

157. Chercheur : et on a besoin d'autres choses ou non ?

158. Florian saute de sa chaise et crie : de nous !!

159. L'enseignant et le chercheur : très bien !!

160. Loïc : de nous et du parquet sinon ça ne fait rien du tout.

161. Enseignant : est-ce que c'est seulement du parquet qu'on a besoin ?

162. Les enfants : non.

163. Florian saute à nouveau de sa chaise et crie : de nous aussi !!

164. Loïc : de nous et aussi d'autres choses.

165. L'enseignant : Regardez, l'enseignant montre l'ombre de sa main projetée sur le tableau.

166. Paul : d'un tableau par exemple.

167. Chercheur : écoute Emmanuel, on va les applaudir parce qu'ils ont découvert beaucoup de choses.

168. Enseignant : ah oui ! C'est vrai.

1^{ère} séance, 2^{ème} activité : travail avec différents objets et plusieurs sources lumineuses

169. Enseignant : alors, comment on va s'y prendre pour la fabriquer cette ombre ? Il y a des choses que j'ai dans la main, vous allez m'expliquer et ensuite on va essayer de la faire, d'après toi, Léandra, comment on va pouvoir la fabriquer ?

170. Léandra : avec de la lumière.

171. Enseignant : d'accord avec de la lumière, j'ai la lumière, ce sont de petites lampes de poche, on a alors la lumière, où est-ce qu'il faut que je place la lumière d'après vous pour obtenir l'ombre ?

172. Deux enfants : la lumière ici, sur le chat.

173. Enseignant : donc, il faut que je la place où, Dorian ?

174. Dorian : devant.

175. Enseignant : Dorian fait ce que tu me dis mais n'allumes pas (Dorian place la lumière face au chat).

176. Loïc : moi à sa place, j'aurais fait autrement (Loïc va placer la lumière derrière l'écran).

177. Un enfant dit : mais on ne va rien voir.

178. Enseignant : et toi Paul, tu la placerais où ?
179. Paul : place la lumière en face du chat.
180. Enseignant : maintenant, j'aimerais bien que vous me disiez, on va prendre l'exemple de Paul qui place sa lampe ici et d'après vous, l'ombre elle va apparaître où ?
181. Loïc : et bah ! Sur ça (Loïc signale l'écran), le reflet il va là, passe au travers du chat et ensuite il va faire l'ombre là bas.
182. Chercheur : Loïc, est-ce que tu penses que la lumière va passer à travers le chat ?
183. Les enfants : certains disent oui, d'autres disent non.
184. Chercheur : donc ça passe à travers le chat ?
185. Loïc : non, ça va juste faire le reflet sur l'écran.
186. Enseignant : tu veux dire l'ombre ?
187. Loïc : oui.
188. Enseignant : restons sur le premier exemple, nous mettons la lampe ici, donc on a besoin comme nous a dit Léandra de la lumière, de l'objet, le chat, pour obtenir son ombre et Paul nous a dit qu'on va obtenir l'ombre, où tu nous as dit Paul qu'on va obtenir l'ombre ?
189. Paul : on va obtenir l'ombre sur l'écran.
190. Enseignant : alors on a besoin d'un support !
191. Chercheur : tout le monde est d'accord avec Loïc ?
192. Enseignant : alors est-ce que tout le monde est d'accord ? Je place la lampe ici, nous allons vérifier, mais avant je veux savoir ce que vous en dites tous, Vanessa tu es d'accord, est-ce qu'on va avoir l'ombre sur l'écran ?
193. Vanessa : je ne sais pas.

194. Enseignant : tu penses qu'on va l'avoir où ?
195. Vanessa : Je ne sais pas.
196. Florian : moi je sais !
197. Enseignant : vas-y Florian, je t'écoute.
198. Florian : sur l'écran.
199. Dorian : moi je dis qu'on ne va pas la voir parce que le chat va cacher son ombre.
200. Chercheur : et pourquoi va-t-il cacher son ombre ?
201. Dorian : parce qu'il est devant.
202. Chercheur : devant quoi ?
203. Florian : devant son ombre !
204. Chercheur : est-ce qu'il est devant son ombre ?
205. Les enfants : tous les enfants crient non ! il est devant la lumière.
206. Chercheur : alors Vanessa, crois- tu qu'il va cacher son ombre ? Que va-t-il se passer ?
207. Vanessa : il va cacher la lumière parce que la lumière ne peut pas passer à travers lui !
208. Chercheur : et alors, l'ombre qui va être là bas, vous avez dit qu'elle va être là bas, l'ombre c'est quoi, c'est la lumière ou c'est où il n'y a pas la lumière ?
209. Les enfants : plusieurs enfants disent : c'est la lumière.
210. Chercheur : et toi, tu en penses quoi Vanessa ?
211. Vanessa : j'ai dit que si on a la lumière devant le chat, la lumière elle ne pourra pas passer à travers le chat !

212. Enseignant : on va vérifier tout ça, on va faire l'expérience, tient Paul tu vas placer la lumière où tu avais dit avant, et allumer la lampe.

Les enfants expriment leur joie au moment où l'ombre est projetée sur l'écran.

213. Enseignant : on fait de la recherche, si tu te mets devant l'écran on ne peut pas fonctionner.

Paul refait l'expérience

214. Chercheur : vous avez vu l'ombre du chat ! Mais pourquoi n'y- a-t-il pas de lumière, à l'intérieur du chat ?

215. Dorian : elle est sur l'écran.

216. Chercheur : je crois que Vanessa avait raison.

217. Vanessa : elle peut passer de l'autre côté en fait la lumière.

218. Enseignant : alors, on va être de vrais chercheurs, on récapitule, on avait besoin de la...

219. Les enfants disent : lumière.

220. Enseignant : de l'objet et de...

221. Un enfant dit : l'écran.

222. Paul : on n'a pas besoin du parquet si on a l'écran.

223. Enseignant : l'écran ça pourrait être un tableau ou un mur, un parterre, on a besoin d'un support, maintenant on va essayer de rapprocher la lumière du chat, et d'après vous, si on rapproche la lumière du chat qu'est-ce que cela va donner sur l'écran, Dorian ?

224. Dorian : ça va faire plus gros.

225. Enseignant : ça va faire une ombre plus grosse ?

226. Chercheur : quelqu'un a dit qu'elle va disparaître, as-tu entendu ?

227. Enseignant : je n'entends rien Marcela, parce qu'on parle tous en même temps, alors Loïc, tu penses que si on rapproche la lumière l'ombre elle va être comment ?

228. Loïc : plus petite.

229. Enseignant : en fait tu penses que ça va faire plus petit, donc maintenant on va essayer, Dorian tu vas le faire, tu mets la lumière au niveau de Paul et après tu vas la rapprocher.

230. Dorian fait l'expérience et Florian crie : il devient de plus en plus gros.

231. Enseignant : qui avait raison, c'était Dorian. Pourquoi est-ce que l'ombre elle devient plus grosse ?

232. Loïc : parce que la lumière est rapprochée du chat.

233. Enseignant : on va essayer de réfléchir d'accord, vous regardez ce qui se passe (l'enseignant prend la source lumineuse) est-ce que tout le monde voit l'ombre du chat ?

234. Les enfants : oui.

235. Enseignant : on voit autour de l'ombre du chat la lumière, si je l'approche regardez, qu'est-ce qui se passe, l'ombre elle devient de plus en plus grosse, vous m'avez dit qu'on voyait l'ombre du chat et autour de la lumière, mais si je rapproche de plus en plus la lumière...

236. Un enfant : On voit moins la lumière.

237. Enseignant : est-ce qu'on voit toujours la lumière, on la voit plus ou moins ?

238. Un enfant : On la voit moins !

239. Enseignant : d'après vous, pourquoi est-ce qu'on la voit moins ?

240. Loïc : parce que le chat il devient de plus en plus gros.

241. Enseignant : regardez, je rapproche de plus en plus et qu'est-ce qu'il se passe ?

242. Loïc : on ne voit plus la lumière le chat il est trop gros.

243. Enseignant : est-ce que vous pensez que parce qu'il est gros on ne voit plus la lumière ?

244. Vanessa : parce que t'as rapproché tellement la lumière qu'on ne voit même pas le chat !

245. Chercheur : j'aimerais vous poser une question, est-ce que vous pensez que cela va faire la même chose avec le verre ?

246. Les enfants : certains enfants disent oui, d'autres disent non.

247. Chercheur : avant de continuer, j'aimerais savoir si, d'après vous, l'ombre de la pomme sera de la même couleur que la pomme ?

248. Vanessa : non.

249. Chercheur : pourquoi l'ombre ne sera pas de la même couleur que la pomme ?

250. Vanessa : parce que, en fait, c'est son ombre, donc regardez (Vanessa montre l'ombre de sa jambe et dit), là il y a la lumière, là il y a mon ombre et mon ombre ce n'est pas de la même couleur que moi et ça va être pareil avec la pomme !

251. Chercheur : c'est très bien, faisons l'expérience avec le verre!

252. Enseignant : par contre, pour faire cette expérience, je veux un peu de concentration, je ne la ferai pas dans ces conditions là, alors pour faire l'ombre du verre, on va avoir besoin de quoi, Fabiola ?

253. Fabiola : de la lumière.

254. Enseignant : la lumière est là.

255. Fabiola : d'un verre.

256. Enseignant : et on va avoir besoin de quoi encore ?

257. Paul : de l'écran.

258. Enseignant : d'un support, très bien, qui veut essayer d'obtenir l'ombre du verre ?, Julia tu viens ?

Julia prend la lumière et la place face au verre.

259. Loïc : avec le verre on ne voit pas trop bien l'ombre.

260. Chercheur : et pourquoi on ne la voit-on pas très bien ?

261. Enseignant : d'après vous, pourquoi est-ce qu'on ne voit pas bien l'ombre là ?

262. Chercheur : Emmanuel, si on mettait le chat et le verre, on verrait peut être la différence !

263. Loïc : c'est parce que ça, ce n'est pas en bois, le verre il n'est pas en bois.

264. Chercheur : et alors, que fait le bois ?

265. Loïc : le bois il est plus gros.

266. Chercheur : Vanessa avait dit quelque chose.

267. Enseignant : Vanessa pourquoi ce n'est pas la même chose le chat et le verre ?

268. Vanessa : parce que le verre il est plus gros, le chat il est de côté... Le chat il est plus gros que le verre.

269. Chercheur : est-ce que vous croyez que c'est parce que le chat est plus gros que le verre ?

270. Enseignant : regardez (l'enseignant refait l'expérience, approche la lumière du verre et approche la lumière du chat).

271. Paul : c'est que le verre est transparent !

272. Chercheur : c'est qui, qui a dit ça ?

273. Enseignant : c'est Paul qui a dit ça, tu peux le répéter ?

274. Paul : c'est parce qu'il est transparent !

275. Chercheur : alors il laisse passer quoi ?

276. Paul : il laisse passer la lumière.

277. Chercheur : et le chat ?

278. Les enfants disent : non.

279. Loïc : ça c'est du bois donc ce n'est pas la même construction que le verre, le verre est fabriqué par du verre et ça c'est en bois donc ça n'a pas le même effet !

280. Chercheur : j'ai appris beaucoup de choses aujourd'hui, je suis très contente. Emmanuel, il y a quelque chose que j'aimerais bien savoir, si on traçait une ligne entre la lumière, l'objet et l'écran, elle serait comment cette ligne ?

281. Enseignant : très bien, dernière question.

282. Vanessa : ah !celle-là elle est très dure.

283. Enseignant : c'est la dernière question, ensuite on va sortir en récréation, regardez, on va récapituler, on a besoin de quoi pour faire l'ombre, Florian ?

284. Florian : de la lumière.

285. Enseignant : je l'ai, elle est là, on a besoin de quoi d'autre ?

286. Un enfant : du chat.

287. Enseignant : est-ce qu'on ne peut pas mettre quelque chose d'autre ?

288. Florian : si, une clémentine.

289. Enseignant : donc, on a besoin d'un objet, en l'occurrence le chat, et on a besoin de quoi d'autre ?

290. Vanessa : on a besoin aussi de l'écran.

291. Enseignant : on a besoin aussi de l'écran, du support, alors j'ai ma lumière, j'ai mon objet, j'ai l'écran, je vais faire l'ombre et on va essayer de tracer une ligne qui part de la lampe et qui arrive à l'écran en passant par le chat, elle est comment cette ligne : en zigzag... ?

292. Les enfants : non.

293. Enseignant : tu veux bien faire une ligne imaginaire avec le doigt Paul, elle est comment cette ligne ?

294. Paul : elle est toute droite.

295. Enseignant : est-ce que vous pensez que l'ombre du chat elle peut-être devant lui dans ce cas là (événement impossible) ?

296. Paul : non.

297. Enseignant : pourquoi l'ombre du chat elle ne peut pas être entre la lumière et le chat ?

Silence.

298. Enseignant : je vous répète la question, est-ce qu'on peut avoir l'ombre entre la lumière et le chat ?

299. Un enfant : cette question est très dure !

300. Enseignant : non, elle n'est pas dure, vous allez voir, je vais vous aider à la trouver, regardez, vous m'aviez dit que pour faire l'ombre du chat il nous fallait la lumière, l'objet et l'écran, alors pourquoi on ne peut pas trouver l'ombre entre la lumière le chat ?

301. Paul : il n'est pas possible parce qu'il faudrait changer la lumière et changer l'écran...

302. Chercheur : et si on prend deux lumières en même temps... ?

303. Enseignant : dernière question, j'ai deux sources de lumière, et c'est moi qui fait l'expérience, vous, vous réfléchissez, combien d'ombres nous allons voir sur l'écran ?

304. Les enfants disent : deux.

305. Enseignant : pourquoi ?

306. Florian : parce qu'il y a deux lumières !

307. Enseignant : nous allons donc faire l'expérience !!

308. Les enfants crient : si, il y en a deux !!!!

309. Enseignant : très bien.

1^{ère} séance, 3^{ème} activité : formalisation

310. Enseignant : Florian, est-ce que tu peux expliquer ton travail ?

311. Florian : en fait j'ai mis la lumière, l'éléphant et après son nombre.

312. Enseignant : est-ce que tout le monde est d'accord ?

313. Les enfants : oui.

314. Enseignant : tu es d'accord Dorian ?

315. Dorian : oui.

316. Enseignant : maintenant, je regarde ton travail, t'as pas fait ça du tout toi, viens nous expliquer comment tu fabriques l'ombre de l'éléphant ?

317. Dorian : je croyais que c'était tous des éléphants.

318. Enseignant : tu n'avais pas trop compris, je crois ce qu'il y avait à faire, ce n'est pas grave, regardez, on va en prendre un autre. Regardez celui de Benjamin et dites moi si vous êtes d'accord ou pas ?

319. Les enfants : non.

320. Enseignant : on lève le doigt et on explique pourquoi. Qui peut m'expliquer, en levant le doigt, Vanessa ?

321. Vanessa : Ce n'est pas bien parce là il y a l'éléphant qui est à l'envers et son ombre n'est pas à l'envers.

322. Enseignant : Paul, tu peux nous expliquer ?

323. Paul : En fait, il aurait dû mettre l'ombre là en bas.

324. Enseignant : très bien Paul, le travail de Vanessa c'est un peu décollé, tu nous expliques Vanessa ?

325. Vanessa : J'ai mis la lumière après l'éléphant et après l'ombre.

326. Enseignant : c'est très bien Vanessa, regardez le travail de Léandra, tu peux venir nous expliquer ?

327. Loïc : Léandra a copié sur Vanessa.

328. Enseignant : non, elle n'a pas copié, elles n'étaient pas à la même table.

329. Léandra : J'ai mis la lumière après l'éléphant et après l'ombre.

330. Enseignant : ah ! Très intéressant ce qu'a fait Julia, tu peux nous expliquer ?

Silence.

331. Enseignant : si Julia ne veut pas nous expliquer ce n'est pas grave, vous levez le doigt pour me dire si vous êtes d'accord, est-ce que tu es d'accord Manon ?

332. Manon : oui.

333. Enseignant : pourquoi tu es d'accord, viens nous expliquer ?

334. Manon : là, il y a la lumière, là il y a l'éléphant et là, il y a l'ombre de l'éléphant..

335. Enseignant : tu trouves normal que l'ombre soit là ?

336. Manon : non parce qu'elle doit être ici.

337. Enseignant : alors, pourquoi tu m'as dit que tu étais d'accord ?

338. Manon : non, je ne suis pas d'accord.

339. Enseignant : elle devrait être où l'ombre alors ?

340. Manon : là (l'enfant signale la position correcte de l'ombre par rapport à la source lumineuse et à l'objet).

341. Enseignant : alors, très intéressant ce qu'a fait Loïc, tu es d'accord avec lui Dorian ?

342. Dorian : non.

343. Enseignant : pourquoi ?

344. Dorian : parce que celui-là (l'éléphant), il doit le mettre de l'autre côté et la lumière aussi, il met la feuille dans l'autre sens, parce que sinon son prénom, il ne sera pas du bon côté.

345. Enseignant : alors, pour toi, c'est une question de sens, oui, je comprends, c'est parce qu'il ne l'a pas mis dans le sens de la lecture ? Et si on les laisse comme ça, est-ce que c'est bon ?

346. Les enfants disent ensemble : non.

347. Loïc se lève de sa chaise et dit : je ne suis pas d'accord.

348. Enseignant : explique-toi Loïc.

349. Loïc : parce qu'en fait, la lampe, elle est là, l'éléphant est là, s'il est dans ce sens là, on met l'ombre dans ce sens là, ils sont du même côté, ils sont bien mis, c'est bien.

350. Enseignant : mais attendez, c'est bien, regardez Benjamin, je vous reprends le travail de Benjamin, Paul, la lampe on n'est pas obligé de la mettre toujours du même côté, regarde il n'y a pas de sens, pourquoi Loïc il n'aurait pas le droit de la mettre dans un autre endroit, c'est très bien ce qu'il a fait Loïc. Carmen, c'est très bien ce qu'elle a fait.

351. Loïc : sauf que l'ombre, elle est un peu plus loin.

352. Enseignant : ah oui ! C'est intéressant, il faut que j'essaie quelque chose, regardez le travail de Carmen, est-ce que quelqu'un peut me dire quelle est la différence avec le travail de Léandra ?

353. Paul se lève et dit : je sais ! Je sais !

354. Enseignant : quelle différence vois-tu Paul ?

355. Paul : je vois que l'ombre de l'éléphant, chez Léandra, est plus rapprochée de l'éléphant que chez Carmen.

356. Enseignant : et pourquoi d'après vous ?

357. Paul : c'est par rapport à l'écran, on avait mis l'objet loin de l'écran.

358. Loïc : oui, et quand on avait rapproché la lumière c'est devenu de plus en plus gros.

359. Enseignant : Paul a raison, je vais expliquer aux autres, ici, dans ce travail, l'écran il était loin de l'éléphant alors qu'ici était juste derrière.

2^{ème} séance, 1^{ère} activité : manipulation de la source lumineuse, hypothèses sur la place et la taille de l'ombre

360. Enseignant : nous allons commencer par dire tout ce qu'on avait fait la dernière fois, et tout ce qu'on avait dit par rapport à l'ombre, de quoi a-t-on besoin pour faire une ombre, Léandra ?

361. Léandra : de la lumière.

362. Enseignant : qu'est-ce qui peut nous donner de la lumière, Fabiola ?

363. Fabiola : le chat.

364. Enseignant : le chat va nous donner de la lumière, qu'est-ce qui nous donne de la lumière, Julia ?

365. Julia : l'ombre.

366. Enseignant : l'ombre, elle nous donne de la lumière, Camille ?

367. Camille : l'électricité, le soleil.

368. Enseignant : très bien, donc on a besoin de la lumière et de quoi encore ?

369. Un enfant : on a besoin d'un animal, d'un objet pour faire l'ombre.

370. Vanessa : de nous.

371. Enseignant : et pour voir l'ombre, on a besoin de quoi, Benjamin ?

372. Benjamin : de la lumière.

373. Enseignant : très bien, ça on l'a déjà dit, Camille.

374. Camille : de nous.

375. Enseignant : ça on l'a déjà dit, d'un objet, de nous, d'un animal, et de quoi encore Loïc ?

376. Loïc : du parquet, même si ce n'est pas un parquet, ça pourrait être un écran, un mur, un tableau.

377. Enseignant : un support, si on n'a pas de support on ne peut pas voir l'ombre ?

L'enseignant déplace les enfants, dans un autre coin de la salle, pour mettre en place la nouvelle expérience.

378. Enseignant : regardez, on va voir ce que fait Ahmed qui n'était pas là mardi, on a dit qu'on avait besoin de quoi pour faire une ombre, Loïc ?

379. Loïc : de la lumière, d'un objet, de nous.

380. Enseignant : est-ce qu'on a de la lumière ?

381. Un enfant : oui.

382. Enseignant : est-ce qu'on a un objet ?

383. Un enfant : oui.

384. Enseignant : qu'est-ce qui nous manque ?

385. Un enfant : un écran.

Les enfants allument la lumière, on place la lumière devant le chat, et l'ombre se forme à l'écran.

386. Enseignant : maintenant, vous avez dit qu'on a besoin de la lumière, de l'objet, de l'écran.

Alors, vous allez manipuler la lumière, écoutez-moi bien, si j'avance la lumière qu'est-ce qui va se passer, Fabiola ?

387. Fabiola : je pense qu'on ne va rien voir.

388. Enseignant : qu'est-ce que vous en pensez, Dorian ?

389. Dorian : que ça va devenir de plus en plus gros.

390. Enseignant : pourquoi, d'après toi ?

391. Loïc: parce que la lumière est trop proche, la lumière, elle va devenir de plus en plus petite et l'ombre du chat de plus en plus grosse.

392. Enseignant : donc, tu penses que l'ombre du chat va de plus en plus grossir, et toi Loïc ?

393. Loïc : le chat, il va grossir tellement parce que la lumière est de plus en plus proche.

394. Enseignant : et toi Paul ?

395. Paul : tellement on rapproche la lumière, l'ombre du chat va devenir de plus en plus grosse qu'on ne verra plus la lumière et plus rien du tout.

396. Enseignant : alors qui pense que le chat va devenir de plus en plus petit ? Tout le monde pense que le chat va devenir de plus en plus gros ?

397. Un enfant : oui.

398. Enseignant : on va essayer, Fabiola tu vas allumer la lumière et te mettre bien en face du chat et tu vas la rapprocher.

399. Florian : il devient de plus en plus gros.

400. Enseignant : vous aviez raison, regardez, quand on rapproche trop la lumière, l'ombre devient tellement grosse qu'on a du mal à la voir, Loïc et Paul avaient raison. D'après vous, si j'éloigne la lumière que va t-il se passer, Ahmed ?

401. Ahmed : elle va devenir de plus en plus petite.

402. Enseignant : si on éloigne la lumière qu'est-ce qui va se produire, Florian ?

403. Florian : le chat va disparaître.

404. Enseignant : qui veut essayer, tu veux le faire Benjamin ?

405. Benjamin : oui.

Benjamin fait l'expérience, l'ombre, elle devient de plus en plus petite mais elle ne disparaît pas

406. Enseignant: que s'est-il passé alors ?

407. Manon : elle a rétréci.

408. Enseignant : très bien, quand j'ai éloigné la lumière, elle est devenue de plus en plus petite.

2^{ème} séance 2^{ème} activité : ajuster une ombre à une figure, comment varier la taille d'une ombre ?

409. Chercheur : Vanessa, je crois qu'avant de commencer tu avais quelque chose à nous dire à propos de l'ombre ?

410. Vanessa : oui, quand le soleil il est de ce côté (l'enfant signale l'espace qui est devant elle), l'ombre va être de ce côté-là (signale l'espace derrière elle), et quand le soleil il est de ce côté (signale à gauche) l'ombre elle est de ce côté (signale à droite). Quand l'ombre elle est de ce côté (signale à droite), l'ombre est de ce côté (elle signale sa gauche).

411. Chercheur : et pourquoi c'est comme cela Vanessa ?

412. Vanessa : silence.

413. Chercheur : la dernière fois, je me rappelle de ce que Paul avait dit quand il accompagne son frère au judo, en partant de chez lui l'ombre est d'un coté et en revenant elle est de l'autre coté.

414. Paul : oui, des fois par exemple elle change de sens quand on va chercher Simon, oui, l'ombre change de côté.

415. Chercheur : oui, d'accord mais pourquoi elle change de côté ?

416. Paul : silence.

417. Chercheur : Je crois que Vanessa a commencé à expliquer quelque chose...

418. Paul : mais pourtant la nuit il n'y a pas du soleil, mais l'ombre elle est-là.

419. Chercheur : Paul, n'y a -t-il pas quelque chose à la place du soleil ?

420. Paul : ah oui !, les lampadaires.

421. Chercheur : Alors, de quoi avons-nous besoin pour faire l'ombre ?

422. Vanessa : de la lumière, d'un support et de nous.

423. Chercheur : Est-ce qu'on peut utiliser tout ça séparément pour faire l'ombre ?

424. Vanessa et Paul : non !

425. Vanessa : sinon, on ne peut pas faire l'ombre !

426. Paul : il faut les mélanger !

427. Chercheur : comment ça les mélanger !

428. Paul : on prend tout et on fait l'ombre, il faut faire l'ombre avec tout, si nous n'avons pas tout ce qu'il faut, alors on ne peut pas faire l'ombre.

429. Loïc : Aussi on n'a pas toujours besoin du parquet pour faire l'ombre, parce que quand on est dehors il n'y a pas du parquet !

430. Paul : Mais il y a la terrasse !!

431. Carmen : l'ombre des fois on ne la voit pas très bien dans le parquet.

432. Paul : ce qui est rare, c'est que parfois on voit l'ombre en deux fois.

433. Chercheur : et pourquoi la voit-on en deux fois ?

434. Paul : regarde Vanessa, là il y a une ombre et là une autre.

435. Chercheur : regarde, peut être parce qu'il y a deux lumières ?

436. Paul : Ah oui !, regarde il y a une lumière là et une autre là.

437. Enseignant : nous allons commencer, d'abord qu'est-ce qu'il faut faire pour cette expérience ?

438. Loïc : en fait, il y a un carré, un rond, et Vanessa elle a essayé de le mettre à la même taille que le support.

439. Enseignant : qu'est-ce qu'elle a essayé de mettre à la même taille ?

440. Loïc : de mettre le rond bleu, dessus l'autre rond bleu.

441. Enseignant : il y avait deux ronds bleus, Paul ?

442. Paul : elle a essayé de mettre pareil, la même taille que le rond.

443. Enseignant : Mais qui devrait avoir la même taille ?

444. Paul : l'ombre et le rond.

445. Enseignant : enfin, l'ombre et le rond du support !!

446. Paul : normalement, l'ombre ne devrait être ni trop petite, ni trop grosse.

447. Enseignant : très bien.

448. Paul : si on s'éloigne, l'ombre devient toute petite.

449. Enseignant : et si on rapproche la source lumineuse ?

450. Paul : ça devient plus grosse.

451. Loïc : non !, non !

452. Paul : Même, si on rapproche trop, on ne voit plus rien du tout.

453. Chercheur : Très bien, ce n'est pas que l'ombre disparaît, mais elle devienne tellement grande qu'on ne voit plus rien.

454. Enseignant : tu disais quoi, Loïc ?

455. Loïc : justement c'est quand on recule que ça grossit.

456. Enseignant : d'accord, on va vérifier maintenant !, Léandra, tu viens. Regarde, la lampe reste immobile et nous allons voir ce qui se passe. Regardez ce qu'elle fait Léandra ; Qu'est-ce qu'elle a fait Léandra ?

457. Vanessa : elle se rapproche et le carré, il est devenu de plus en plus petit.

458. Enseignant : Maintenant nous allons voir Ahmed.

Ahmed et Benjamin réalisent l'expérience.

2^{ème} séance 3^{ème} activité : formalisation

459. Enseignant : Loïc, tu peux m'expliquer ce que tu as fait ?

460. Loic : quand on rapproche la lampe, l'ombre devient de plus en plus grosse.

461. Enseignant : très bien, Dorian, c'est intéressant ce que tu as fait, tu n'as pas fait tout à fait la même chose, tu nous expliques ?

462. Enseignant: on n'a pas dit que c'était faux, n'est-ce pas Marcela, explique-nous ce que tu as fait, pourquoi tu as choisi le gros chien ?

463. Enseignant : d'après vous, qui peut nous dire pourquoi Dorian a choisi le gros chien, explique-nous Vanessa.

464. Vanessa : quand on rapproche la lumière du chien sur l'écran, on ne voit plus la lumière, donc il a choisi la grande ombre.

465. Enseignant : d'après vous, quelle est la différence avec Loïc ?

466. Paul dit : moi je sais.

467. Enseignant : tu nous la donnes Paul ?

468. Paul : Dorian, il l'a mis plus loin parce que l'écran est plus loin et Loïc l'a mis plus près.

469. Enseignant : c'est très bien Paul.

470. Un enfant dit : il fallait qu'il mette la petite.

471. Loïc : non justement, c'est quand on s'éloigne qu'il est petit, ce n'est pas quand on rapproche.

472. Dorian : quand on rapproche la lumière, le chien devient plus petit.

473. Enseignant : alors, pourquoi tu as mis la grande ombre ?

474. Dorian : silence.

475. Enseignant : passons, Léandra, tu peux nous expliquer ce que tu as fait ?

476. Léandra : j'ai mis l'ombre petite.

477. Enseignant : pourquoi ?

478. Léandra : parce qu'elle devient petite.

479. Enseignant : Florian, d'après toi qui a raison ?

480. Florian : Léandra.
481. Ahmed : quand on rapproche la lumière, le chien devient plus grand.
482. Chercheur : Léandra a-t-elle raison ou s'est-elle trompée un tout petit peu ?
483. Les enfants disent : non, elle s'est trompée un tout petit peu.
484. Carmen : il ne fallait pas mettre le petit chien, il fallait mettre le gros chien, parce que quand on rapproche la lumière après le gros chien apparaît.
485. Enseignant et chercheur : très bien, vous avez très bien travaillé.
486. Chercheur : j'aimerais vous poser une question, quand je suis venue mardi, Paul a dessiné l'ombre sur votre calendrier, vous la voyez ? L'un d'entre vous peut-il m'expliquer à quoi sert le calendrier ?
487. Loïc : c'est pour choisir ce qu'on va dessiner sur le calendrier, c'est la chose qui est la plus importante dans la classe.
488. Chercheur : la chose que vous avez fait de plus important dans la classe !
489. Vanessa : ce n'est pas ça !
490. Chercheur : avez-vous trouvé que le travail avec l'ombre, était important ?
491. Les enfants : oui.
492. Chercheur : avez-vous aimé faire ce travail ?
493. Vanessa : oui, mais ce n'est pas important de connaître son ombre.
494. Chercheur: ce n'est pas important de connaître son ombre ! Tu sais certains enfants ne connaissent pas l'ombre, ne savent pas qu'est-ce que l'ombre, c'est important pour vous de connaître ça ou pas ?
495. Les enfants : tous les enfants crient oui.

496. Chercheur : et pourquoi Paul, tu peux me le dire?

497. Paul : c'est important, parce que comme ça, si on veut savoir comment elle apparaît l'ombre on l'apprend.

498. Chercheur : est-ce que vous pensez toujours que l'ombre elle est comme vous ou qu'on peut la faire ?

499. Les enfants : on peut la faire.

500. Chercheur : mais elle existe toujours l'ombre ?

501. Les enfants : non.

502. Chercheur : très bien merci.

. Annexe II : Transcription de la séquence d'enseignement-apprentissage à propos de la fabrication du beurre

1^{ère} séance, présentation du thème et phases de prédiction

Les enfants sont assis en groupe devant le tableau où est accrochée une affiche

1. L'enseignante : Qu'est-ce que c'est que ça ? Regardez tous bien cette affiche et essayez de comprendre de quoi ça parle.
2. Ilana : Ya une vache dessus.
3. L'enseignante : alors sur l'affiche il y a une vache. Après ?
4. Océane : Y a un chat.
5. L'enseignante : oui.
6. Jonas : Y a la vache qui vol.
7. L'enseignante : une vache qui vole ? Elle saute, elle vole, est-ce que ça existe une vache qui vole ?
8. Les enfants : Non !!!
9. L'enseignante : Non peut être qu'elle saute c'est vrai. Regardez bien ce qu'il y a dans les bulles et regardez bien ce qu'il a sur la vache.
10. Lucie : Ya des petits enfants.
11. L'enseignante : oui ya des petits enfants.
12. Mado : Eh ben le petit bonhomme il a un panier.
13. Les enfants : non c'est la fille.

14. L'enseignante : la petite fille a un panier mmmm Un panier... Justement regardons dans ce panier là. Qu'est-ce qu'elle a de joli cette petite fille dans ce panier ?
15. Dominique : Une recette.
16. L'enseignante : une recette ? dans le panier tu vois une recette ? Approche-toi plus près. Va voir ce qu'il y a dans le panier. Tu ne veux pas ? Gaëlle va voir ce qu'il y a dans le panier.
17. Gaëlle : on voit un tout petit peu.
18. L'enseignante : Il y a quoi dans le panier ?
19. Gaëlle : je ne sais pas.
20. L'enseignante : t'as pas regardé ? Jennifer va regarder.
21. Jennifer : ya une bouteille.
22. L'enseignante : Une bouteille ? Et à ton avis c'est une bouteille de quoi ?
23. Les enfants : une bouteille d'eau.
24. L'enseignante : Une bouteille d'eau ?
25. Océane : de lait.
26. L'enseignante : du lait. Alors pourquoi ça serait du lait ?
27. Océane : parce que on voit du blanc.
28. L'enseignante : on voit du blanc. Et le lait c'est de la couleur blanche c'est ça ?
29. Océane : oui.
30. Mégane : Peut être...
31. L'enseignante : Peut être quoi Mégane ?

32. Mégane : Peut être que c'est le lait de la vache.
33. L'enseignante : Ah tu as entendu Cyndra ? Peut être que c'est le lait de la vache.
34. Un enfant : Parce qu'on voit sa mamelle.
35. L'enseignante : parce qu'on voit sa mamelle oui, parce qu'on voit une vache. Océane, est-ce que tu peux aller voir ce qu'il y a d'autre dans ce panier ? Moi j'aimerais bien savoir. Je ne vois pas très bien.
36. Océane : du fromage.
37. L'enseignante : Tu vois du fromage ?
38. Océane : Oui.
39. L'enseignante : d'accord. Cyndra, va voir.
40. Un enfant : Non ya pas du fromage dedans, j'ai regardé y'en avait pas.
41. Cyndra : de la farine.
42. L'enseignante : Tu vois de la farine ? d'accord va t'asseoir.
43. Maeva : Ya du beurre.
44. L'enseignante : Il y a du beurre.
45. Mégane : le beurre c'est fait pour à manger.
46. L'enseignante : le beurre c'est fait pour quoi ?
47. Mégane : c'est quand on met dans une poêle, eh ben ma maman elle met toujours du beurre. Après quand elle fait allumer le four pour faire cuire le beurre, après le beurre il fond dans la poêle.
48. L'enseignante : C'est vrai ça. Est-ce que vous avez tous déjà vu ça dans la cuisine de maman ?

49. Les enfants : Oui.
50. L'enseignante : quand on met du beurre dans une poêle et qu'on met dessous de la chaleur, qu'est-ce qu'il se passe Mégane ?
51. Mégane : ça fond.
52. L'enseignante : ça fond. Et ça devient comment quand le beurre il fond ?
53. Mégane : après on met à manger dans la poêle et après, après on met du sel...
54. L'enseignante : d'accord mais le beurre... mais du beurre, je crois que j'en ai dans la classe. (*L'enseignante sort le beurre*)
55. Les enfants : du beurre ! le beurre de la vache ! du lait ! je crois c'est du lait. Oh c'est du beurre ! on peut goûter ?
56. L'enseignante : tu connais, t'en as déjà mangé. Je sais que tout le monde a déjà mangé du beurre. En tartine le matin.
57. Un enfant : avec du pain !
58. L'enseignante : avec du pain.
59. Un enfant : aussi ma maman sur ma tartine elle me met toujours du beurre.
60. L'enseignante : eh oui. Je voulais juste revenir sur quelque chose que Mégane a dit. Le beurre c'est comme ça. Alors c'est comment le beurre ?
61. Les enfants : c'est jaune !
62. L'enseignante : c'est jaune. Quoi d'autre ?
63. Les enfants : soit blanc.
64. L'enseignante : soit blanc. C'est vrai tu l'as déjà vu blanc toi ?
65. Les enfants : oui.

66. L'enseignante : tu l'as vu où blanc ?
67. Les enfants : dans le frigo, dans un livre.
68. L'enseignante : dans un livre ? très bien. Vous les autres enfants vous avez déjà vu du beurre blanc ?
69. Les enfants : oui !
70. L'enseignante : ah alors vous savez tous déjà que ça existe le beurre blanc.
71. Mado : non moi j'en ai pas vu du beurre blanc.
72. L'enseignante : toi t'en as jamais vu ? ah bon peut être que ? Ok autre chose maintenant. Regardez, quand je le touche le beurre, il est comment ?
73. Les enfants : tout dur.
74. Mégane : tout mou.
75. L'enseignante : tout mou ? viens voir Mégane. Viens le toucher sur le papier. (*Mégane s'approche*)
76. L'enseignante : Il est quoi ?
77. Mégane : Il est un petit peu dur.
78. L'enseignante : il est un peu dur.
79. Les enfants : moi aussi je veux toucher.
80. L'enseignante : Bon je vais passer rapidement, mais rapidement vous ne faites pas de bruit, je vais juste vous faire toucher par-dessus. Allez vas-y. Il est comment ?
81. Un enfant : trop dur, très très dur.
82. L'enseignante : il est dur hein. Ça veut dire que je l'ai mis pour le faire dur. Ça veut dire quoi Mégane ça ?

83. Mégane : qu'il a durci.
84. Les enfants : peut être qu'il est resté au frigo et après...
85. L'enseignante : alors Maeva on t'écoute.
86. Maeva : il est resté au frigo.
87. L'enseignante : il est resté au frigo et c'est pour ça qu'il est tout dur ?
88. Les enfants : oui.
89. L'enseignante : ah c'est le frigo qui fait que les choses elles sont dures dedans ?
90. Les enfants : non... oui...
91. L'enseignante : tout ce qui est dans le frigo c'est dur ?
92. Les enfants : non.
93. L'enseignante : alors c'est quoi ?
94. Sonia : parce que ça a durci tu l'as laissé trop longtemps.
95. L'enseignante : je l'ai laissé longtemps ça a durci. Alors c'est quoi qui a fait qu'il est devenu dur alors ?
96. Idana : le congélateur.
97. Sonia : non le congélateur ça fait très froid.
98. L'enseignante : et ça fait quoi quand on met du froid ? Jacqueline ça fait quoi alors le froid, le frigo ?
99. Jacqueline : tu l'as mis dans le frigo. Tu l'as repris c'est devenu dur.
100. L'enseignante : d'accord, ça c'est ce que nous a dit Mégane déjà toute à l'heure. Et c'est quoi dans le frigo qui fait que ça devient dur ?

101. Mégane : non ben c'est parce que en fait à chaque fois qu'on va remet dans le frigo un petit peu on laisse dans le frigo et après ça devient dur.
102. L'enseignante : alors ça dépend des produits, ya des fois le froid ça fait que des choses deviennent dures. Mais quand tu as vu ta maman le mettre sur la poêle il est devenu comment le beurre ?
103. Mégane : en fait elle a coupé un morceau avec du couteau et après elle a mis dans la poêle et ...
104. L'enseignante : et dans la poêle il était comme ça ?
105. Mégane : non dans la poêle elle avait pris du frigo et après il était toujours mou et après elle a pris un couteau pour couper un bout et après elle a mis dans la poêle et après elle a fait à manger...
106. Angel : Elle a fait fondre beurre.
107. L'enseignante : elle a fait fondre le beurre.
108. Mégane : elle a fait fondre le beurre et...
109. L'enseignante : ça veut dire quoi faire fondre le beurre ? Jacqueline ça veut dire quoi faire fondre le beurre ?
110. Jacqueline : ça veut dire que je fais euh...
111. L'enseignante : tu te rappelles plus ? Sonia.
112. Sonia : c'est comme dans le chocolat quand on a les mains sales.
113. Chercheur : oui c'est bien ça.
114. L'enseignante : oui.

115. Chercheur : et pourquoi ça fond comme ça quand tu le prends dans tes mains ? Elles sont comment tes mains, elles sont chaudes ou elles sont froides ?
116. Un enfant : elles sont chaudes.
117. Chercheur : elles sont chaudes hein, c'est pour ça qu'il reste tout le chocolat collé.
118. Un enfant : c'est noir en plus le chocolat.
119. Jacqueline : c'est aussi pour mettre dans les pâtes.
120. Antoine : quand on l'achète c'est tout dur.
121. L'enseignante : quand on l'achète le beurre c'est vrai il est tout dur.
122. Un enfant : et même les pâtes.
123. L'enseignante : eh oui comme les pâtes...
124. Antoine : parce que moi dans ma maison c'est tout dur.
125. Sonia : parce que tu ne l'as même pas mis dans le frigo il est devenu dur.
126. L'enseignante : si je l'ai sorti du frigo. J'insiste ou pas est-ce que quelqu'un a déjà vu le beurre fondre dans la casserole ?
127. Les enfants : ou moi !
128. L'enseignante : alors Clémence, il est devenu comment le beurre quand il a fondu dans la casserole ? Il était comme ça ?
129. Clémence : non.
130. L'enseignante : il est devenu comment ?
131. Clémence : tout liquide.
132. L'enseignante : tout liquide ? c'est bien. ça veut dire que le beurre ça peut être tout dure ou tout liquide, ou mou.

133. Jacqueline : ça veut dire quoi liquide ? ça veut dire qu'il a fondu.
134. Mégane : ça veut dire qu'il est trop mou.
135. L'enseignante : voilà. Qui c'est qui peut donner à Jacqueline un exemple de liquide ?
Pour qu'elle sache ce que ça veut dire liquide.
136. Angel : quand on met du beurre et qu'on rajoute de l'huile, ça fait liquide.
137. L'enseignante : attends. Ma question Angel ce n'était pas ça. Ma question c'était donner un exemple de liquide parce que Jacqueline elle ne sait pas ce que c'est, liquide.
Vas-y Clémence.
138. Clémence : comme du lait.
139. L'enseignante : comme du lait, le beurre des fois il peut être tout liquide. Alors, j'ai une petite question à poser à tout le monde. Les enfants, je me pose une question. D'où ça vient, ça, le beurre ?
140. Dominique : j'ai déjà réfléchi.
141. L'enseignante : t'as déjà réfléchi Dominique ? Attends, je vais prendre une petite craie et je vais écrire tout ce que vous me proposez.
142. Dominique : ça vient du lait.
143. L'enseignante : ça vient du lait ?
144. Dominique : oui, du lait de vache.
145. L'enseignante : du lait de vache ! Ah ! Ça vient du lait de vache, je l'écris.
146. Un enfant : moi j'allais le dire quand j'ai levé la main.
147. L'enseignante : t'allais dire ça ?
148. Les enfants : moi aussi !

149. L'enseignante : levez la main tous les enfants qui pensaient ça.
150. Chercheur : tout le monde est d'accord ? Louis n'est pas d'accord. T'es pas d'accord, d'où ça vient ?
151. Louis : ça vient du moulin.
152. Chercheur : ça vient du moulin.
153. L'enseignante : on l'écrit.
154. Chercheur : on écrit tout hein.
155. L'enseignante : qui c'est qui me propose autres chose ? A partir de quoi c'est fait le beurre ? Mégane.
156. Mégane : on a traie la....
157. L'enseignante : je n'ai pas demandé d'où vient le lait, j'ai demandé le beurre, celui là, là, d'où ça vient, à partir de quoi c'est fabriqué ?
158. Jacqueline : le beurre ça vient du frigo.
159. Chercheur : alors tu dis que ça vient du frigo, mais Mégane, tu disais quelque chose d'intéressant quand même. Parce qu'elle a parlé qu'on faisait quoi à la vache ?
160. Mégane : on faisait la traite des mamelles de la vache et après on fait sortir le lait pour faire du beurre.
161. Chercheur : ah d'accord. Et après le lait pour faire du beurre.
162. L'enseignante : alors du lait ben justement.
163. Un enfant : je l'avais vu maîtresse avec la paille.
164. L'enseignante : t'avais vu ?
165. Les enfants : moi aussi (*L'enseignante montre une brique de lait*).

166. L'enseignante : regardez ce qui est dessiné là.
167. Les enfants : une vache.
168. Idana : C'est du lait de vache.
169. L'enseignante : c'est du lait de vache Idana tu as raison. Il y a écrit lait de ferme. Alors vous êtes en train de me dire que le beurre c'est fabriqué avec le lait de la vache. Alors moi je me pose une question quand même.
170. Louis : après c'est une machine qui vient qui fabrique le beurre.
171. Chercheur : Ah il faut mettre ça, la machine alors ?
172. Un enfant : non c'est les estomacs.
173. Chercheur : c'est les estomacs, on met les estomacs ?
174. L'enseignante : les estomacs de qui ?
175. Un enfant : de la vache.
176. L'enseignante : attendez, j'écris. Les quatre estomacs de la vache...
177. Chercheur : les quatre estomacs ils font du beurre ?
178. Mégane : non ils font du lait.
179. Angel : on met du lait sur la machine et après la machine elle fabrique du beurre. C'est comme ça.
180. Chercheur : et comment elle fabrique du beurre la machine ?
181. Angel : ya quelque chose, et après il met du lait, il met du beurre et après il met un peu lait.
182. L'enseignante : ah alors tu mets du lait et du beurre et après tu remets un peu de lait ?
183. Angel : et ça fait du beurre

184. L'enseignante : et ça fait du beurre.
185. Chercheur : et il faut faire quelque chose ou le laisser comme ça le lait ?
186. Angel : et après on le met au frigo, on le mets dans le magasin et on achète du beurre.
187. Chercheur : on le met au frigo après ? ah d'accord. Et après on achète.
188. Maeva : en fait, avec la machine déjà il prend du lait après il le remplit dans son petit bol, après il met de l'huile...
189. L'enseignante : alors pour toi pour fabriquer du beurre il faut mettre du lait avec de l'huile...
190. Maeva : et après on le met dans le frigo ça devient du beurre et après on prend du papier doré et après ils écrivent dessus et après le beurre il le met à l'intérieur.
191. L'enseignante : eh ben dis donc, tu penses que c'est comme ça qu'on fabrique du beurre. Qu'est ce que tu fais avec le lait et l'huile ? Tu les mets ensemble ?
192. Maeva : non, on met d'abord le lait et après l'huile.
193. L'enseignante : dans le même bol ?
194. Maeva : oui.
195. L'enseignante : ah donc tu les mélanges ?
196. Maeva : après on mélange, et après on met au frigo, et après on le sort du frigo, et après on le met avec du papier, et après on le mets avec du papier doré et après c'est écrit dessus et c'est dessiné aussi.
197. L'enseignante : d'accord donc après ça devient ça puisque tu sors du frigo tu mets après du papier après au frigo ?

198. Maeva : après quand on en a besoin pour ce soir quand on fait des légumes si on en a besoin on le met chauffer en deuxième les légumes on les met en premier.
199. L'enseignante : Merci Maeva. Les enfants moi...
200. Louis : non ce n'est pas ça.
201. L'enseignante : Ce n'est pas ça Louis ? Ce n'est pas comme ça qu'on fabrique du beurre ?
202. Louis : Non.
203. L'enseignante : alors attendez les enfants pour être dur de savoir... Moi comme je ne sais pas comment on fait pour fabriquer du beurre et ben j'ai bien envie qu'en classe on essaye de faire comme a dit Maeva.
204. Un enfant : du beurre.
205. L'enseignante : on va essayer. Ben on ne sait pas si c'est du beurre que ça va donner. On va essayer de faire tout ce qu'elle a dit et on verra si elle a raison et si c'est comme ça qu'on fabrique du beurre.
206. Chercheur : peut être que quelqu'un d'autre a une autre idée...
207. L'enseignante : c'est ce que j'allais dire, ya peut être d'autres enfants qui pensent que pour faire du beurre il faut faire autre chose ?
208. Un enfant : Karine j'ai rien compris avec lui, il dit qu'on fabrique du beurre et après il dit on met du beurre.
209. L'enseignante : ce n'est pas grave ma chérie, écoutez bien ma question. Est-ce qu'il y a quelqu'un d'autre qui sait comment on pourrait essayer de fabriquer du beurre ?
210. Dominique : ben en fait pour fabriquer du beurre pour que ça soit dur il faut attendre.

211. L'enseignante : oui mais tu mets quoi, tu fais quoi ? parce qu'on a quand même dit que le beurre ça venait du lait. Comment on fait pour que ça devienne comme ça ?
212. Mégane : en fait pour fabriquer du beurre on prend le lait de la vache, après on le met dans un bol, après on le laisse durcir et après ça devient du beurre.
213. Chercheur : et tu le laisses durcir où et comment ?
214. Mégane : et après on va le prendre et ça fait du beurre.
215. Chercheur a : est-ce que vous avez déjà vu dans votre frigo une bouteille de lait ?
216. Les enfants : oui.
217. Chercheur : vous en avez ?
218. Les enfants : oui on en a.
219. Chercheur : et vous avez déjà fini la bouteille de lait le même jour ou elle est restée dans le frigo ?
220. Un enfant : elle est restée longtemps dans le frigo et ma sœur elle en boit au déjeuner.
221. Chercheur : donc après t'as découvert que ce lait c'était du beurre ?
222. Un enfant : non mais ma mamie...
223. Chercheur : ah attention...
224. L'enseignante : est-ce que tu laisses Mégane du lait dans ton frigo, ça devient du beurre ?
225. Mégane : oui. Non mais de l'huile.
226. Chercheur : alors, Mégane, est-ce que tu as fait l'expérience chez toi ? Il ne faut pas dire oui si vous ne l'avez pas fait. Parce que nous on va la refaire.
227. Mégane : avec ma maman j'ai fait du beurre parce qu'on n'en avait pas.

228. L'enseignante : et comment tu as fait alors ?
229. Mégane : on a pris la recette qu'il avait marqué papa. On avait pris ce qu'il avait marqué sur le papier.
230. L'enseignante : alors c'était quoi la recette pour faire du beurre ?
231. Mégane : avant on avait pris un bol et après on avait pris des œufs et après on les a mis et après on avait mis du lait qu'on avait acheté et après on avait laissé refroidir et après le lait...
232. L'enseignante : laissé refroidir au frigo ?
233. Mégane : et après il est devenu du beurre.
234. L'enseignante : alors vous avez vu Mégane elle ne pense pas la même chose que Maeva. Mégane, elle, elle pense que pour fabriquer du beurre comme ça, il faut mélanger des œufs avec du lait et le mettre au frigo. Alors que Maeva elle pense elle qu'il faut mélanger de l'huile avec du lait. Est-ce que quelqu'un a une autre idée ?
235. Jonas : en fait quand je fais un peu de beurre...
236. L'enseignante : Toi tu as déjà fait du beurre ?
237. Jonas : oui tout seul.
238. L'enseignante : Oh, ce n'est pas vrai ... ! Attends mais moi ça m'intéresse parce que j'ai envie qu'on en fasse du beurre dans la classe. Alors dis-moi comment tu as fait ?
239. Jonas : j'ai mis du lait. Après j'ai mis dans le frigo.
240. L'enseignante : alors tu as pris du lait... du lait tout seul ?
241. Jonas : oui. Il y avait mes parents qui n'étaient pas là. Après j'ai laissé longtemps. Après le lait il s'est transformé en beurre.

242. Chercheur : donc le lait dans le frigo il donne du beurre. Encore une autre idée.
243. L'enseignante : La même chose que Mégane en fait.
244. Chercheur : sauf que Mégane elle met des œufs.
245. L'enseignante : Ah oui mais au début elle avait... d'accord. Alors Antoine, toi tu sais comment on pourrait fabriquer du beurre dans la classe ?
246. Antoine : on prend une bouteille de lait, après on met de l'huile et on laisse très longtemps.
247. L'enseignante : Alors toi tu penses comme... Qui a une autre idée ? J'aimerais bien encore une idée.
248. Un enfant : Jacqueline elle pense avec moi.
249. Angel : alors comment fabriquer du lait. D'abord on fabrique une machine pour faire du lait, le beurre on met sur le lait et le lait sur le beurre.
250. Chercheur : mais tu mets le beurre et le beurre il faut le faire.
251. L'enseignante : mais le beurre c'est ça qu'il faut fabriquer.
252. Chercheur : il n'existe pas encore.
253. L'enseignante : exactement. Il n'est pas encore là, on veut le fabriquer nous. Jacqueline ?
254. Jacqueline : d'abord on met du beurre blanc.
255. L'enseignante : non on veut le fabriquer le beurre.
256. Jacqueline : c'est ça mais d'abord on met du beurre blanc.
257. Chercheur : mais le beurre on veut le fabriquer. Est-ce que vous savez ce que ça veut dire fabriquer ? Qui peut m'expliquer ?

258. Un enfant : ça veut dire qu'on va le faire.
259. Chercheur : qu'on va le faire. Si on veut le faire ça veut dire qu'il n'est pas encore fait.
Alors on ne peut pas utiliser du beurre pour faire du beurre.
260. Mégane : Sinon ça serait raté le beurre.
261. Chercheur : non ça serait toujours du beurre. Mais par exemple il faut penser : si on veut faire un gâteau...
262. L'enseignante : Quand on fait la cuisine...
263. Chercheur : un gâteau, par exemple, il faut de la farine, des œufs, du lait... Mais si toi tu me poses la question : Marcela, qu'est-ce qu'il faut prendre pour faire un gâteau ? Et moi je te dis : d'abord tu prends un gâteau... alors le gâteau il est déjà fait. Il faut trouver ce qu'il y a dedans pour pouvoir mélanger et faire quelque chose.
264. L'enseignante : Dominique, qu'est-ce qu'il y a alors dans le beurre ?
265. Dominique : du lait.
266. L'enseignante : du lait très bien...
267. Dominique : de la farine.
268. L'enseignante : avec le lait Idana, qu'est-ce qu'on pourrait faire avec le lait pour faire du beurre ?
269. L'enseignante : Qui c'est qui a dit ça ?
270. L'enseignante : vous avez entendu ce qu'elle a dit Cyndra ?
271. Chercheur : qu'est-ce qu'elle a dit je n'ai pas entendu !
272. L'enseignante : répète ma puce.
273. Cyndra : après on met dans le four.

274. L'enseignante : on met le lait dans le four.
275. Chercheur : encore une autre chose ?
276. L'enseignante : ça veut dire que... ça sert à quoi de mettre dans le four ? Quand on fait un gâteau ça sert à quoi de mettre dans le four Cyndra ?
277. Les enfants quand on fait notre gâteau, pourquoi on le met dans le four ?
278. Mégane : pour qu'il soit chaud pour le manger.
279. L'enseignante : oui. Quoi d'autre ?
280. Jacqueline : quand il est froid ...
281. L'enseignante : Jacqueline tu ne réponds pas à ma question. Dans le four Juliette, qu'est-ce qu'il fait le gâteau ?
282. Juliette : il gonfle.
283. L'enseignante : il gonfle oui.
284. Chercheur : regardez quand vous mangez des frites à la maison que maman elle vous fait des frites, qu'elles sont dures. Vous dites : ah maman ce n'est pas...
285. Mégane : c'est trop trop dur.
286. Chercheur : ce n'est pas quoi ?
287. Mégane : on fait du gâteau pour qu'il soit dur.
288. Chercheur : non.
289. Jacqueline : ce n'est pas bon.
290. Chercheur : ce n'est pas bon pourquoi, parce qu'il n'a pas fini de ?
291. Jacqueline : cuire !

292. Chercheur : mais oui voilà !
293. L'enseignante : voilà ! donc toi Cyndra tu penses qu'il faut cuire le lait pour faire du beurre ?
294. Chercheur : ah il faut noter ça.
295. L'enseignante : alors ça Cyndra on va le noter.
296. Antoine : on prend du beurre.
297. L'enseignante : non le beurre il n'existe pas on veut le faire.
298. Antoine : non je sais faire le beurre. J'ai pris du lait j'ai pris dans ... ma maman elle n'était pas là j'ai fabriqué du beurre. On met du sel du poivre, après on met du beurre.
299. Chercheur : ah oui mais le beurre il n'existe pas ?
300. L'enseignante : alors les enfants moi il me semble qu'il y a quand même beaucoup de choses ?
301. Chercheur : ah oui c'est très bien là...
302. L'enseignante : et vous savez quoi ? la prochaine fois que Marcela elle va venir avec nous dans la classe on va essayer de voir quel enfant avait raison pour savoir comment on fait pour fabriquer du beurre. On va essayer de faire tout ça.

2^{ème} séance, rappel des prédictions et réalisation des expériences par les enfants

(L'enseignante et les enfants sont assis en rond devant le tableau, L'enseignante est avec eux face au tableau où sont affichées les différentes expériences proposées par les enfants)

303. L'enseignante : alors la dernière fois que Marcela elle est venue dans la classe, de quoi on avait parlé ?

304. Idana : on avait dit avec quoi on fait du beurre.
305. L'enseignante : on avait réfléchi, on s'était demandé avec quoi on faisait du beurre, très bien.
306. Ezo : et on se demandait on fait du lait avec du beurre.
307. L'enseignante : on se demandait si on faisait du lait avec du beurre ?
308. Un enfant : non je sais !
309. L'enseignante : Attends redis moi ça plus clairement.
310. Enzo : on met du lait avec le beurre.
311. L'enseignante : on met du lait avec le beurre...
312. Un enfant : non on veut fabriquer le beurre.
313. L'enseignante : non je vous avais montré du lait et du beurre et vous m'aviez tous dit qu'avec du lait on faisait du beurre. D'accord Enzo ? Avec du lait tu m'avais dit qu'on faisait du beurre. Et nous on voulait savoir s'il fallait rajouter autre chose au lait et comment il fallait faire, d'accord ? Et alors là ya plusieurs enfants qui nous ont dit que pour faire du beurre on pouvait mélanger plein de choses. Vous vous rappelez ?
314. Mégane ; oui moi j'avais dit quelque chose.
315. L'enseignante : t'avais dit quoi Mégane, tu te rappelles ?
316. Mégane : j'avais dit on mettait des œufs et avec du lait.
317. L'enseignante : alors toi t'avais dit qu'on mettait des œufs et puis quoi ?
318. Mégane : avec du lait et après on fabriquait du beurre.
319. L'enseignante : toi t'avais dit qu'on mettait des œufs avec du lait. Donc regarde c'est quel numéro ton expérience à toi ?

320. Mégane : le 3.
321. L'enseignante : ah donc l'expérience de Mégane ça serait la 3 ?
322. Dominique : moi je pense que j'ai dit pour faire du beurre faut mettre des œufs, du lait et de la farine.
323. L'enseignante : alors toi c'est quelle expérience que tu... c'est quel numéro que tu proposais ?
324. Dominique : 1.
325. L'enseignante : Le 1 ? Alors dans le 1 tu vois le lait avec, plus ça veut dire et. Le lait et de l'huile, c'était ça ?
326. Dominique : avec de la farine.
327. L'enseignante : alors ce n'est pas la numéro 1... Ce n'est pas ça que t'avais dit. Toi Jacqueline.
328. Jacqueline ; pourquoi t'as mis des plus ?
329. L'enseignante : pourquoi j'ai mis des plus ? Quelqu'un sait ?
330. Dominique : en fait le beurre il n'est pas là on l'a pas fait.
331. (*L'enseignante s'approche du tableau*)
332. L'enseignante : oui. Alors regardez, c'est comme quand on fait des mathématiques. Ici, après le égal, ça veut dire que toutes nos expériences à la fin on veut que ça soit du ?
333. Les enfants : du beurre.
334. L'enseignante : on veut que ça soit égal à du beurre. On vous a mis 5 expériences que vous nous avez proposées la dernière fois. On avait dit que... Juliette tu lèves la main, qu'est-ce que tu veux dire ?

335. Juliette : Papa il m'a appris qu'on fait du beurre avec du lait.

336. L'enseignante : oui papa il a raison, tu as vu dans toutes nos expériences pour faire du beurre on a mis du lait. Dans l'expérience numéro 1, ya quelqu'un qui avait proposé de mettre quoi ? Quelqu'un me dit dans l'expérience numéro 1 qu'est-ce qu'on va mettre ? Idana ?

337. Idana : du lait.

338. L'enseignante : on va mettre du lait, avec ? Plus ça veut dire avec. Saïd ?

339. Saïd : avec de l'huile.

340. L'enseignante : continue Saïd. Avec de l'huile... dans...

341. Un enfant : le verre.

342. Saïd : dans un bol.

343. L'enseignante : dans un bol et après on le met dans...

344. Saïd : le frigo.

345. L'enseignante : et normalement ça nous donnera ?

346. Saïd : du beurre.

347. L'enseignante : bon alors ça, il y avait un petit enfant qui avait proposé... on verra, on verra bien si ça fait du beurre. Ben tiens on va commencer par la faire celle-là.

(L'enseignante soulève un torchon sous lequel se trouvent tous les ingrédients pour faire les expériences proposées par les enfants)

348. Les enfants : j'avais vu Karine !

349. L'enseignante : l'expérience numéro 1 on va la faire dans le bol ?

350. Les enfants : 1.

351. L'enseignante : Jennifer, dans l'expérience numéro 1 qu'est-ce qu'on va commencer par mettre ?

352. Jennifer : le lait.

353. L'enseignante : le lait. Vas-y. Tu fais attention la bouteille est pleine.

(Jennifer se lève pour aller verser le lait)

354. L'enseignante : Tu prends un petit peu de lait et tu le verses dans le bol numéro 1. Tu me dis si tu as besoin d'aide hein.

(Jennifer verse le lait)

355. L'enseignante : c'est bon ? Bien, tu refermes la bouteille. Jennifer après qu'est-ce que tu vas mettre ?

356. Jennifer : de l'huile.

357. L'enseignante : de l'huile. Vas-y mets en un petit peu.

(Jennifer verse l'huile dans le bol)

358. L'enseignante : après qu'est-ce qu'il faut faire ?

359. Jennifer : il faut mélanger.

360. L'enseignante : ah il faut mélanger. Alors si il faut mélanger je vais l'écrire. Avec quoi tu mélanges ?

361. Jennifer : une cuillère.

362. L'enseignante : vas-y sers-toi.

Donc je vais dessiner une cuillère.

(Jennifer mélange)

363. L'enseignante : après, qu'est-ce qu'on fait Jennifer ? T'en étais où ?

364. Jennifer : à mélanger.

365. L'enseignante : est-ce que tu as mis le lait ?

366. Jennifer : oui.

367. L'enseignante : est-ce que t'as mis l'huile ?

368. Jennifer : oui.

369. L'enseignante : t'as mis tout ça dans un bol. Et qu'est-ce qu'il faut faire maintenant ?

370. Jennifer : le frigo.

371. L'enseignante : le mettre au frigo. Alors tu va le reposer ici et puis quand on aura fait tous les autres on ira le mettre au frigo.

372. Les enfants, on va le mettre au frigo et on verra la prochaine fois si avec le frigo c'est devenu du beurre.

373. Alors pour l'expérience numéro 2 je vais demander à Mildred.

(Mildred se lève et s'approche de L'enseignante)

374. L'enseignante : allez vas-y. Maintenant pour l'expérience numéro 2, qu'est-ce qu'il faut faire comme mélange ?

375. Mildred : il faut du lait.

376. L'enseignante : allez vas-y.

(Mildred verse le lait)

377. L'enseignante : ensuite Mildred ? Après qu'est-ce qu'il faut mettre ?

378. Mildred : de la farine.

379. L'enseignante : de la farine, vas-y.

(Mildred met une cuillère de farine)

380. L'enseignante : c'est bon Mildred, t'as mis la farine ?

381. Mildred : oui je n'ai mis qu'une cuillère.

382. L'enseignante : et après tu fais quoi ?

383. Mildred : je mélange.

384. L'enseignante : tu veux mélanger toi aussi ? Bon ben alors vas-y.

(Mildred mélange les ingrédients)

385. L'enseignante : après Mildred, qu'est-ce qu'on fait ?

386. Mildred : on le met dans le frigo.

387. L'enseignante : on le met au frigo. Donc on va le poser là en attendant de l'amener au frigo ?

(Mildred pose le bol de l'expérience numéro 2 à côté de celui de l'expérience numéro 1)

388. L'enseignante : très bien Mildred, merci.

L'expérience numéro 3, il me semble que c'était l'expérience de Mégane.

389. Enzo : non c'était l'expérience de moi.

390. Saïd : moi aussi.

391. L'enseignante : toi aussi ? Bon alors vas-y Mégane. On va voir si l'expérience de Mégane, d'Enzo et Saïd fonctionne.

Allez mets toi sur le côté. Tu commences par mettre quoi ?

392. Mégane : les œufs.

393. L'enseignante : ah tu commences par les œufs ? Ya rien avant les œufs ?

394. Mégane : le lait

395. L'enseignante : d'accord vas-y.

(Mégane verse le lait)

396. L'enseignante : après le lait tu mets ?

397. Mégane : des œufs.

398. L'enseignante : des œufs. Je pense qu'un ça suffira Mégane.

(Mégane essaye de casser l'œuf mais le jaune ne tombe pas)

399. L'enseignante : comme ça hop tu écarter.

(L'enseignante se met derrière Mégane pour l'aider)

400. L'enseignante : Regarde, tu mets tes doigts où c'est ouvert et tu écarter, très bien.

Après Mégane, ya quoi d'autre ?

401. Mégane : de la farine.

402. L'enseignante : un peu de farine, vas-y.

(Mégane met une cuillère de farine dans le bol)

403. Mégane : du poivre.

404. L'enseignante : du poivre et ?

405. Mégane : du sel.

406. L'enseignante : du sel, allez vas-y.

407. Saïd : d'abord le sel après le poivre.

408. Mégane : ça c'est le sel ?

409. L'enseignante : oui vas-y. mets toi sur le côté bien pour que tout le monde voit.

410. Mégane : c'est dur à ouvrir.

411. L'enseignante : ah attention il ne faut pas en mettre beaucoup. A mon avis on va remettre ça sinon tu vas en faire couler trop. Allez un peu de poivre... et un peu de sel.

412. Sonia : n'importe quoi, du sel et du poivre.

413. L'enseignante : Qu'est-ce qu'il y a Sonia toi tu n'es pas d'accord, tu penses qu'on ne met pas de sel et de poivre dans le beurre ?

(Sonia fait non de la tête)

414. Les enfants : Après tu mélanges :

415. L'enseignante : alors attendez, elle n'a pas fini. Après ?

416. Mégane : je mélange

417. L'enseignante : alors vas-y on te regarde.

(Mégane mélange ce qu'il y a dans le bol)

418. Mégane : dimanche on n'a pas d'école.

419. L'enseignante : Mégane a raison samedi et dimanche on n'a pas d'école donc on ne va pas pouvoir aller vérifier dans le frigo si ça a fait du beurre.

420. Un enfant : demain on va peut être voir si ça va faire du beurre.

421. L'enseignante : alors on pourrait peut être voir demain mais demain c'est bien tôt donc nous on s'était dit qu'il fallait laisser encore plus longtemps dans le frigo. Donc, on ne va pas regarder demain, samedi et dimanche ya pas école, et, exceptionnellement lundi prochain ya pas école non plus. On va regarder le résultat mardi, d'accord.

422. L'enseignante : Enzo, dans l'expérience 4 qu'est-ce qu'on met ?

423. Enzo : le lait
424. L'enseignante : le lait d'accord.
425. Les enfants : encore le lait ! ben oui ça commence toujours avec le lait. C'est le lait de vache.
426. L'enseignante : t'as raison Angel c'est le lait de quoi qu'on a mis ?
427. Angel : de vache!
428. L'enseignante : ça y est Enzo ?
429. Enzo : après on met dans le frigo.
430. L'enseignante : après on met dans le frigo ? donc ya rien d'autre à rajouter. Donc tu peux aller le mettre sur la table Enzo.
431. L'enseignante : et l'expérience numéro 5 ?
432. Chercheur : cette expérience c'était Louis qui n'est pas là aujourd'hui.
433. L'enseignante : Ah c'est Louis qui avait dit ça. Alors l'expérience de Louis... Tu peux nous lire l'expérience de Louis s'il te plait Juliette ? La numéro 5. Qu'est-ce que Louis il avait dit ?
434. Juliette : Louis il avait dit qu'il fallait mettre du lait et après mettre à la casserole.
435. L'enseignante : qu'il fallait mettre du lait, faire chauffer du lait, qu'il fallait mettre du lait sur le feu et pour lui ça donnait du beurre. Est-ce que là on peut le faire ?
436. Les enfants : Non ! parce qu'il y a plus de bol !
437. L'enseignante : il manque que le bol ? qu'est-ce qu'il manque d'autre ?
438. Un enfant : une casserole.
439. L'enseignante : une casserole et quoi d'autre ? Angel je n'ai pas compris.

440. Angel : une machine qu'on fait du beurre mais...
441. L'enseignante : Il manque quoi comme machine ?
442. Angel : une machine pour cuire du beurre.
443. L'enseignante : pour cuire le beurre d'accord. Est-ce qu'on a une machine pour chauffer ?
444. Les enfants : non.
445. Angel : mais Louis il dit ça parce qu'il ne faut pas chauffer à la casserole.
446. L'enseignante : mais peut être que Louis il a raison alors peut être qu'on essaiera la prochaine fois.
447. Chercheur : on fera tout ce qui est dans le frigo aujourd'hui et on va faire pour chauffer la prochaine fois. Mais il faut que mardi prochain on puisse aller voir si quelque chose a marché parce que si ça se trouve avec une de ces quatre expériences on va avoir du beurre. Alors on ne va pas aller chauffer le lait si on trouve du beurre avant. Mais si on ne trouve pas du beurre, ça vaut vraiment la peine de le faire après. Qu'est-ce que vous en pensez ?
448. Un enfant : ah oui !
449. Chercheur : J'ai une question à leur poser. Je vois qu'il y a quelque chose que vous avez rajouté au tableau. Qui peut me dire ce que c'est ?
450. Idana : c'est du lait.
451. Chercheur : non le lait il est marqué.
452. L'enseignante : qu'est-ce que j'ai rajoutée en plus ?
453. Mégane : la casserole.

454. L'enseignante : c'est moi qui l'ai dessinée ça ? c'était déjà là hein ?
455. Saïd : t'as mis de mélanger.
456. L'enseignante : très bien Saïd. J'ai dessiné une cuillère parce que dès la première expérience c'est Jennifer qui m'avait dit qu'il fallait mélanger avec une cuillère. Et tous les enfants ont mélangé avec une cuillère. C'est ça qu'on n'avait pas dit la dernière fois. Sauf Enzo. Pourquoi t'as pas mélangé Enzo ?
457. Enzo : Il y avait que le lait.
458. L'enseignante : il y avait que du lait. T'avais pas besoin de le mélanger tu penses ?
459. Enzo : non parce que après le lait il est resté blanc.
460. L'enseignante : bon les enfants on dit au revoir à Marcela.
461. Chercheur : et donc je dois revenir quand pour vous voir ?
462. L'enseignante : quand est-ce qu'elle revient pour voir si ça a fait du beurre ?
463. Les enfants : mardi : où ya M.

3^{ème} séance, rappel des prédictions et des expériences, vérification des résultats et constats

464. L'enseignante : Attention les enfants, est-ce que vous êtes prêts à regarder le résultat de nos expériences ?
465. Les enfants : oui !
466. L'enseignante : est-ce qu'il y a quelqu'un qui peut me rappeler ce qu'on a fait comme expérience la dernière fois ?
467. Mildrede : la dernière on voulait faire du beurre.
468. L'enseignante : on a voulu fabriquer du beurre. Alors qu'est-ce qu'on a fait ?
469. Mildrede : on a mis du lait, de l'huile dans un pot et après on l'a mis dans le frigo.

470. L'enseignante : ah ça c'est l'expérience numéro ?
471. Les enfants : 1 !
472. L'enseignante : dans l'expérience numéro 1, tu as raison Mildred on a mélangé avec la cuillère, du lait, de l'huile, dans un bol, on a mis au frigo. Est-ce que vous avez envie de voir ce que ça donne ?
473. Les enfants : oui !
474. L'enseignante : alors attention, on reste bien assis, je vais passer vous montrer. Je viens de sortir nos expériences du frigo et voilà la numéro 1. Je vais tous passer vous voir mais attention, on regarde avec les yeux, on peut sentir un peu avec le nez mais surtout on garde la bouche cousue. Et on garde les réflexions pour après.
475. Tu peux dire plus fort ce que tu as dit Océane ? T'as envie de quoi ?
476. Océane : de goûter.
477. L'enseignante : t'as envie de goûter ?
478. Un enfant : moi aussi.
479. L'enseignante : alors on lève le doigt. Qui pense qu'avec l'expérience numéro 1, on a fabriqué du beurre ? On lève la main si on pense que ça c'est du beurre. Enzo tu penses que ça c'est du beurre ?
480. Enzo : Oui.
481. L'enseignante : Mildrede ?
482. Mildrede : oui.
483. L'enseignante : il y a onze enfants qui pensent que ça c'est du beurre.
484. Chercheur : qui pense que ça ce n'est pas du beurre ?

485. L'enseignante : les enfants qui pensent que ce n'est pas du beurre, vous pouvez me dire pourquoi ce n'est pas du beurre ? Jacqueline ?
486. Jacqueline : parce que c'est du lait.
487. L'enseignante : c'est du lait avec ?
488. Les enfants : de l'huile.
489. L'enseignante : et pourquoi du lait et de l'huile ça peut...
490. Un enfant : ça ne peut pas faire.
491. L'enseignante : ça ne peut pas faire du beurre. Quoi d'autre ? les autres enfants qui pensent que ça ne peut pas faire du beurre ?
492. Idana : parce que le beurre c'est comme ça (*elle montre l'image sur le tableau*) ce n'est pas rond.
493. L'enseignante : rond ?
494. Mégane : non le beurre c'est carré c'est rectangle.
495. L'enseignante : parce que pour toi le beurre ça a la forme d'un rectangle donc ça peut pas être ça ?
496. Idana : non.
497. Un enfant : ça va grossir comme ça et ça va faire un carré.
498. L'enseignante : mais le beurre Idana, quand tu le coupes en morceaux, ça fait tout le temps des gros trucs comme ça ? quand tu coupes des petits morceaux ? Ce n'est pas obligé que ce soit un rectangle, ça peut être d'autres petits morceaux le beurre. Mais par contre par rapport au beurre, regardez bien.
499. Les enfants : c'est de l'eau !

500. Chercheur : c'est presque de l'eau. Ça veut dire que c'est comment ?
501. Enzo : c'est du lait et ce n'est pas du beurre.
502. L'enseignante : Pourquoi, moi je veux savoir pourquoi Enzo ça ressemble pas à du beurre ?
503. Maeva : parce que tu l'as pas mis au frigo.
504. L'enseignante : si ça je l'ai mis au frigo. Ça fait une semaine que je l'ai mis au frigo, ça fait longtemps.
505. Jacqueline : ce n'est pas avec du lait et de l'huile il est tout fondu. Il est fondu.
506. L'enseignante : je ne comprends pas ce que tu veux dire là ?
507. Chercheur : oui mais pour faire fondre le beurre, il faut quoi ?
508. Angel : il faut une casserole.
509. Chercheur : il faut de la chaleur. Et là on a mis du froid...
510. Mégane : ah... on n'a pas mis de chaleur.
511. L'enseignante : on n'a pas mis de chaleur donc il n'y a pas de raison que le beurre il ait fondu là. Alors regardez bien, ça bouge là. Ça bouge, ça veut dire que ce mélange il est comment ?
512. Mégane : il est mélangé.
513. L'enseignante : oui mais regarde, si il bouge, est-ce qu'il est tout dur ?
514. Les enfants : non !
515. L'enseignante : il est comment s'il n'est pas tout dur ?
516. Les enfants : il est mou !
517. L'enseignante : il est mou là ?

518. Dominique : il est liquide.
519. L'enseignante : il est liquide. Très très bien.
520. Chercheur : moi je crois Karine qu'il faut mettre une grande croix à la première expérience parce que ça ce n'est pas du beurre.
521. L'enseignante : non ça ce n'est pas du beurre les enfants. Et moi je peux vous dire. Ya que moi qui ai le droit de faire ça, (*elle goute*) ah non beurk ce n'est pas du beurre. L'expérience numéro 1 on la barre parce que ce n'est pas celle-là qui fait du beurre.
522. Un enfant : Qui a fait l'expérience ?
523. L'enseignante : on se rappelle plus qui c'est qui avait proposé mais en tout cas ça marche pas, ce n'est pas comme ça qu'on fait du beurre. Alors on va essayer de trouver une autre solution. On va voir si les autres marchent.
524. Alors expérience numéro 2 qu'est-ce qu'on avait fait ? Dominique qu'est-ce qu'on avait fait ?
525. Dominique : du lait et de la farine.
526. L'enseignante : on avait mis du lait avec de la farine et après ?
527. Dominique : on a mis dans un bol après on a mélangé et on a mis au frigo.
528. L'enseignante : alors expérience numéro 2. Bon le enfant on n'a pas le temps que je passe alors regardez bien je vais montrer à tout le monde.
529. Le lait plus la farine au frigo... ça fait bizarre hein ? c'est quoi comme couleur ?
530. Les enfants : c'est marron... un peu comme le vomi.
531. L'enseignante : marron un peu comme le vomi ? Louis, est-ce que le beurre est- il de couleur comme ça ?

532. Louis : non !
533. Les enfants non il est tout jaune... tout blanc...
534. L'enseignante : soit tout jaune, soit tout blanc. Est-ce que ça c'est du beurre ?
535. Les enfants : non !
536. L'enseignante : quelqu'un pense que ça c'est du beurre ?
537. Chercheur : est-ce que je peux le regarder de près ?
538. Les enfants : c'est de la gadoue.
539. L'enseignante : non ce n'est pas de la gadoue, c'est de la farine mélangée avec du lait qui est resté longtemps au frigo.
540. Les enfants : beurk ! ah ça sent mauvais !
541. Un enfant : je peux sentir Karine ?
542. Un enfant : comme le caca ça sent
543. L'enseignante : alors l'expérience numéro 2 elle marche pour faire du beurre ?
544. Les enfants : non !
545. L'enseignante : qu'est-ce que je fais ?
546. Les enfants : tu barres.
547. L'enseignante : je barre. Ça, ça ne va pas du tout.
548. Mégane : l'expérience numéro 3 c'est moi qui l'avais fait.
549. Chercheur : la troisième expérience c'est vrai que c'était toi.
550. L'enseignante : c'était toi Mégane ? Alors tu m'expliques ce qu'on avait mis ?

551. Mégane : j'avais mis du lait, de la farine, des œufs, du poivre et du sel et après on a mélangé.
552. L'enseignante : on a mis du poivre, du sel, des œufs, de la farine et du lait. Attention, ouvrez bien vos yeux les enfants.
553. Chercheur : ah oui, vous verrez ça qu'une fois dans votre vie.
554. L'enseignante : on va voir si ça, ça fait du beurre. Je vais passer. Bouchez votre nez.
555. Les enfants : beurk !
556. L'enseignante : les enfants, est-ce que ça c'est du beurre ?
557. Les enfants : non !
558. L'enseignante : ça, ça donne envie d'être mangé sur une tartine.
559. Les enfants : non beurk.
560. L'enseignante : ah non moi je ne veux pas de ce beurre, ça ce n'est pas du beurre hein.
Je le barre ?
561. Un enfant : après c'est à moi.
562. L'enseignante : je vais demander à Antoine. Qu'est-ce qu'on a fait Antoine dans l'expérience numéro 4 ?
563. Antoine : on mit du lait et on a mis au frigo.
564. L'enseignante : on a mis du lait au frigo pendant longtemps. Ça c'était Enzo qui pensait ça ? Que si on mettait longtemps du lait au frigo, ça faisait du beurre. Alors mettez vous bien sur vos petites fesses, on va voir si quand on met longtemps du lait au frigo, ça fait du beurre.
565. Un enfant : ça fait peur.

566. Chercheur : ça fait peur avec ce qu'on a vu !

567. L'enseignante : t'as peur que ça sente pas bon ?

568. Un enfant : oui ! moi je n'aime pas !

569. L'enseignante : alors attention, les bouches sont toutes cousues ? Parce que moi je passe montrer qu'aux enfants qui ont la bouche cousue.

570. Un enfant : moi je dis que c'est le bon.

(L'enseignante montre aux enfants et le fait sentir)

571. L'enseignante : alors je voudrais savoir, qu'est-ce que ça sent ?

572. Un enfant : ça sent le lait.

573. L'enseignante : Enzo ça sent quoi ?

574. Enzo : ça sent le beurre.

575. L'enseignante : ça sent le beurre ?

576. Les enfants : non le lait !

577. L'enseignante : alors qui c'est qu'est pas d'accord ?

578. Un enfant : parce que il n'est pas fait.

579. L'enseignante : quoi ? il n'est pas fait le beurre ?

580. Un enfant : Il n'est pas cuit

581. L'enseignante : il n'est pas cuit le lait ?

582. Un enfant : il sent encore le lait.

583. L'enseignante : il sent le lait il n'est pas encore cuit ?

584. Chercheur : est-ce que vous croyez que c'est du beurre ça ?

585. Les enfants : non ! c'est tout liquide.
586. Chercheur : qu'est-ce qu'on sait ?
587. L'enseignante : pourquoi ? d'une part parce que c'est liquide. Ça ressemble à quoi le lait laissé longtemps dans le frigo ça donne quoi ?
588. Les enfants : du lait.
589. Chercheur : ça donne du lait.
590. L'enseignante : et oui ya plein d'enfants qui m'ont dit que ça sentait le lait. En effet, quand on met du lait dans le frigo pendant longtemps, ça reste du ?
591. Les enfants : du lait.
592. L'enseignante : est-ce que ça fait du beurre ?
593. Les enfants : non.
594. L'enseignante : ah ben non...
595. Un enfant : c'est juste qu'il soit devenu jaune.
596. L'enseignante : est-ce qu'on a trouvé comment faire du beurre pour l'instant ?
597. Les enfants : non. On n'a pas essayé la marmite.
598. L'enseignante : on n'a pas essayé quoi ?
599. Les enfants : le 5 !
600. L'enseignante : alors Saïd qu'est-ce qu'il faut faire dans le 5 ?
601. Saïd : en fait il faut mettre du lait et le mettre dans la marmite.
602. L'enseignante : dans la casserole. Et qu'est-ce qu'on met sous la casserole ?
603. Saïd : du feu.

604. L'enseignante : du feu.
605. Enzo : c'était Louis.
606. L'enseignante : Donc la prochaine fois on verra si... ah on ne sait pas encore si c'est Louis Enzo, parce que pour l'instant ça n'a pas marché. Peut être que personne n'a trouvé comment faire du beurre.
607. Un enfant : oui mais ça c'était Louis qui avait choisit.
608. Chercheur : oui c'est vrai, c'était Louis.
609. L'enseignante : c'était Louis qui avait dit qu'on pouvait faire chauffer du lait pour faire du beurre. On essayera la prochaine fois ?
610. Les enfants : oui.
611. Un enfant : c'était même le numéro 5 qu'il faut mettre du... moi chez moi je vais ce soir je vais faire du beurre.
612. L'enseignante : ah ce soir tu vas essayer ?
613. Un enfant : oui.
614. Chercheur : et donc maintenant il faut que je revienne encore ?
615. L'enseignante : il faut qu'elle revienne encore Marcela parce qu'on n'a toujours pas trouvé comment faire le beurre.
616. Chercheur : moi je croyais qu'on allait trouver aujourd'hui et on n'a pas trouvé du tout.
617. L'enseignante : attends regarde t'as entendu ce qu'elle vient de dire Marcela ?
618. Un enfant : oui.
619. L'enseignante : on est triste parce qu'avec tout ce qu'on a pensé, toutes nos idées, pour l'instant on n'a pas réussi à trouver comment on faisait du beurre.

620. Un enfant : moi papa il m'a dit que c'était que du lait qu'il fallait mettre.

4^{ème} séance, rappel des prédictions et résultat des expériences, réalisation d'une nouvelle expérience correspondant à une nouvelle prédiction, apprentissage du concept de matière

grasse

621. L'enseignante : Fabriquer du beurre... Mégane ?

622. Mégane : on ne peut pas mettre du sel dans du lait sinon ça fait pas du beurre.

623. L'enseignante : alors je répète ma question : qu'est-ce qu'on a fait avec nos bols comme expérience, qu'est-ce qu'on a fait comme mélange, la dernière fois ? Jacqueline, on a mélangé quoi ?

624. Jacqueline : ...

625. L'enseignante : qu'est-ce qu'on a mélangé la dernière fois dans nos bols ? Vas-y Jennifer ?

626. Jennifer : on a mélangé du lait, de l'huile.

627. L'enseignante : oui du lait, de l'huile... et ça avait donné quoi ? du beurre ?

628. Jennifer : non du lait tout liquide.

629. L'enseignante : d'accord donc ça, ça n'avait pas marché. Près, on avait fait une autre expérience. Sonia ?

630. Sonia : on avait fait celle-là d'Enzo.

631. L'enseignante : ah l'expérience d'Enzo. C'était quoi Enzo t'avait mélangé quoi ?

632. Enzo : du lait.

633. L'enseignante : du lait...

634. Enzo : que du lait.

635. L'enseignante : que du lait au frigo ?
636. Un enfant : ça n'a pas marché.
637. L'enseignante : est-ce que ça a fait du beurre ?
638. Un enfant : non ça restait toujours du lait.
639. L'enseignante : ça restait toujours du lait très bien. Louis qu'est-ce qu'on a fait d'autre ?
640. Louis : le vert.
641. L'enseignante : ah on vu qu'il y avait un mélange qui donnait tout marron tout vert. Il y avait quoi dedans ? On avait mis quoi dedans ?
642. Maeva : on avait mis de la farine.
643. L'enseignante : de la farine ?
644. Maeva : du lait.
645. L'enseignante : du lait ?
646. Maeva : j'avais dit de l'huile.
647. L'enseignante : ah on avait cassé ?
648. Les enfants : des œufs.
649. L'enseignante : on avait cassé un œuf, tu te rappelles ? si on avait cassé un œuf, on avait mélangé et ça avait donné du beurre ?
650. Les enfants : non.
651. L'enseignante : non ça avait donné quelque chose... donc ça n'avait pas donné du beurre. Et la dernière chose qu'on avait faite Jacqueline tu te rappelles ou pas le dernier mélange, le 4^{ème} mélange ?
652. L'enseignante : quelqu'un se rappelle ou pas ? Angel ?

653. Angel : c'était que du beurre.
654. L'enseignante : que du beurre ? mais non c'est ce qu'on veut fabriquer le beurre.
655. Angel : que du lait on n'avait pas fait de beurre.
656. L'enseignante : que du lait, on l'a déjà dit Mildrede. Du lait avec ? on avait mélangé ?
657. Un enfant : et du poivre.
658. L'enseignante : Jacqueline ?
659. Jacqueline : celui de Mégane c'était mauve et ça ne sentait pas bon celui de Mégane.
660. L'enseignante : c'est vrai que ça sentait mauvais celle où on a mis l'œuf et la farine et le lait.
661. Chercheur : eh Karine il ne manque pas une expérience ?
662. L'enseignante : ben si !
663. Louis : celle que je n'ai pas fait.
664. L'enseignante : justement Louis on n'a pas fait ton expérience à toi, la numéro 5. Alors qui se rappelle de l'expérience de Louis ?
665. Sonia : alors il mettait du lait et ensuite il mettait dans la casserole.
666. L'enseignante : ah, et il faisait quoi sous la casserole ?
667. Les enfants : le feu.
668. L'enseignante : il le faisait chauffer. Et la dernière fois on n'avait pas de machine pour faire chauffer. Donc c'est pour ça qu'on n'avait pas pu faire l'expérience. Aujourd'hui, on a ramené avec Marcela une plaque qui sert à faire chauffer. Donc attention, chauffer ça veut dire ?
669. Les enfants : ça brule.

670. L'enseignante : ça brûle si on met ses doigts. Donc aucun enfant mais aucun ne doit s'approcher de la plaque parce que ça va être très très chaud. C'est dangereux, vous risquez de vous brûler. Donc Louis tu es d'accord pour qu'on fasse ton expérience ?

671. Louis : oui.

672. L'enseignante : alors on va mettre un tout petit peu de lait dans la casserole, alors Louis tu tiens mais t'en mets un petit peu...

673. Les enfants : après on verra c'est lequel.

674. Chercheur : ah ça on verra toute à l'heure ?

675. L'enseignante : tu le poses sur la plaque Louis, sans le renverser. Alors est-ce que c'est branché ?

676. Louis : oui c'est branché.

677. L'enseignante : c'est bien branché ! Alors pourquoi il faut que ce soit branché les enfants ?

678. Les enfants : pour que ça marche.

679. L'enseignante : maintenant il faut tourner le bouton...

680. Louis : tourner le bouton.

681. L'enseignante : alors on le tourne pour que ça puisse chauffer. Ah vous avez vu quand ça chauffe ça devient tout rouge. Allez Louis, tu peux aller à ta place.

682. Louis : on va voir toute à l'heure.

683. L'enseignante : alors les enfants est-ce que vous croyez que ça va chauffer tout de suite ?

684. Les enfants : oui !

685. L'enseignante : tout de suite tout de suite ?

686. Les enfants : non !

687. Louis : on ne fait pas de la magie ...

688. L'enseignante : les enfants comme ça met un petit peu de temps avant de chauffer la plaque et le lait, je vais vous proposer de faire quelque chose d'autre en attendant. Jacqueline a bien vu qu'il y avait une bouteille de lait avec un bouchon rouge, et une bouteille de lait avec un bouchon vert. Alors ça veut dire que ce n'est pas le même lait. Tous les deux ils viennent de la vache mais ils ne sont pas pareils. Et moi je voudrais que vous goutiez tous ces deux laits pour me dire ce qui n'est pas pareil selon vous. Vous allez prendre votre temps pour bien le sentir. On va vous donner à chacun deux verres. Un verre avec du lait comme ça (*elle montre la bouteille rouge*), et un verre avec du lait comme ça (*elle montre la bouteille verte*). Alors vous allez bien prendre le temps de goûter les deux, de sentir les deux, et de boire. Alors pour boire, on goûte bien le premier, on goûte bien le deuxième, et ensuite on va voir ce qu'il y a de différent ensemble. Les enfants qui sont sur le banc de Clémence, vous allez sur la table carrée on va vous donner des verres.

689. Chercheur : donc pendant que Karine vous sert, j'aimerais bien savoir ce que vous allez avoir dans ces verres de couleur différente ? Oui dis moi ?

690. Un enfant : du lait

691. Chercheur : et le lait de la même bouteille ou des deux bouteilles différentes ?

692. Louis : des deux bouteilles différentes.

693. Chercheur : donc vous attendez bien à avoir le lait dans les verres pour pouvoir goûter les deux. Sentez l'odeur d'abord pour voir si les deux odeurs sont les mêmes. Quand

vous avez les deux vous pouvez commencer à goûter. Goûtez doucement pour savoir s'il y a une différence.

694. L'enseignante : regardez bien la différence entre le lait du verre rouge et le lait du verre blanc.

695. Louis : ce n'est pas le même Karine.

696. Chercheur : ah le vert il te plaît pas trop hein. Et goûte le rouge pour voir ?

697. Mégane : ah lui il est bon ! le vert non.

698. L'enseignante : alors qu'est-ce que vous pensez, quelle différence vous trouvez entre ces deux laits ? Le lait que vous avez eu dans le verre rouge et le lait que vous avez eu dans le verre blanc ? Alors, qui est-ce qui a une petite idée ? Mégane ?

699. Mégane : le vert il était un petit peu froid.

700. L'enseignante : moi je te demande la différence quand tu as goûté les deux laits. Il y avait quoi comme différence Maeva ?

701. Maeva : le lait ils n'avaient pas le même goût.

702. L'enseignante : alors les deux laits n'avaient pas le même goût. Est-ce que tout le monde est d'accord ?

703. Les enfants : oui !

704. L'enseignante : tout le monde pense que les laits n'avaient pas le même goût d'accord. Alors, il y avait quoi dans le goût qui n'était pas pareil ? Angel ?

705. Angel : chez moi je ne bois pas le vert.

706. L'enseignante : alors toi chez toi tu bois lequel ?

707. Angel : le rouge.

708. L'enseignante : toi chez toi tu bois le lait qu'il y avait dans le verre rouge et donc en fait tu le préfères.
709. Angel : oui
710. L'enseignante : levez la main les enfants qui préfèrent le lait qui était dans le verre rouge. On va voir s'il y en a beaucoup. Un, deux..... douze ! ça fait la moitié de la classe. Et tous les autres ça veut dire qu'ils préfèrent le lait qui était dans le verre blanc.
711. Un enfant : moi j'aime les deux.
712. L'enseignante : ah ? qui aime les deux ? Un, deux.... Onze ! pareil, ya la moitié de la classe qui aime les deux. Alors une autre question : vous me dites que ça n'a pas le même gout, mais... jacqueline.
713. Jacqueline : le vert ce n'est pas bon.
714. L'enseignante : toi tu trouves que le vert il est moins bon. Pourquoi ?
715. Jacqueline : il sent le sucre et la langue elle nous fait des choses pas pareilles ça nous fait pas bon.
716. Chercheur : ah la langue elle ne fait pas pareil.
717. L'enseignante : ce n'est pas pareil. Alors ça fait quoi au niveau de la langue ?
718. Un enfant : ça fait de la bouillie.
719. Jacqueline : moi j'aime bien le rouge parce qu'à la maison je mange que le rouge.
720. L'enseignante : dans la maison toi c'est que le rouge que tu manges. Maeva ?
721. Maeva : moi à la maison ma maman elle en achète que des verts. Et des fois elle achète des rouges et je n'en mange pas des rouges.

722. L'enseignante : alors Mégane on t'écoute. Toi t'avais dit quelque chose de bien toute à l'heure quand tu goutais.
723. Mégane : moi je n'en bois pas du vert.
724. L'enseignante : La différence ? aller, on réfléchit bien qu'est-ce qui peut être différent dans les deux laits ?
725. Mégane : le rouge il est
726. L'enseignante : toi tu as préféré le rouge oui... Antoine ?
727. Antoine : moi chez moi je bois que du lait bleu. Et les petits frères du lait rose.
728. L'enseignante : ah toi c'est du bleu ?
729. Chercheur : ah oui et le bleu c'est un autre lait.
730. L'enseignante : c'est encore un autre.
731. Antoine : et les bébés c'est le rose. Le rose il ne faut pas le goûter, ce n'est pas bon.
732. L'enseignante : t'as goûté le lait rose ?
733. Antoine : non il n'est pas bon.
734. L'enseignante : Antoine, toi, le rose maman elle t'a dit que ce n'était pas bon ?
735. L'enseignante : vous avez vu tout ce qui existe comme sorte de lait ? on a dit qu'il y avait du bleu, le bleu vous l'avez déjà vu à la maison ?
736. Les enfants : non ! oui !
737. L'enseignante : oui toi tu l'as déjà vu ? alors, ya avec le bouchon vert, avec le bouchon rouge, avec le bouchon rose, et avec le bouchon bleu. Bon on a dit qu'ils n'avaient pas le même goût, est-ce qu'ils sentent la même chose les deux ?
738. Les enfants : non !

739. L'enseignante : ils ne sentent pas la même chose.
740. Un enfant : chaque fois dans ma maison je mange du rouge soit le bleu ou le rose.
741. L'enseignante : oui. Vous savez les enfants on va essayer de comprendre ce qu'il y a dans le lait pour savoir qu'est-ce qui est différent entre ces deux laits.
742. Chercheur : oh mais Karine, ça doit être très compliqué de comprendre ça parce que on ne voit pas ce qu'il y a dans le lait. Est-ce que vous voyez si il y a quelque chose dans le lait.
743. Les enfants : non !
744. Chercheur : le lait il est blanc. Celui que vous avez eu dans le verre blanc il est blanc ? et celui que vous avez eu dans le verre rouge il était blanc aussi ? Alors je crois que Karine elle va nous expliquer parce que c'est trop dur.
745. L'enseignante : eh oui c'est tellement compliqué qu'il faut absolument que toutes les petites oreilles soient bien attentives. Donc, pour que toutes les petites oreilles soient bien attentives je vais demander à la table ronde de reposer ses chaises sans faire de bruit et d'aller s'installer sur le banc.
- On a quelque chose de nouveau qui va nous avancer pour fabriquer du lait... euh pour fabriquer du beurre ?
746. Les enfants : du beurre !
747. L'enseignante : pour fabriquer du beurre. Attention regardez bien. Ça c'est notre verre de lait avec ici tout ce qu'il y a en blanc, du lait. Et toutes ces petites gouttes jaunes c'est ce qu'il y a en vrai dans le lait mais qu'on ne peut pas voir, parce que c'est trop petit. C'est tout petit, tout microscopique. Et vous savez ce que c'est toutes ces petites gouttes

jaunes les enfants ? ça s'appelle de la matière grasse. Alors Dominique tu connais la matière grasse ?

748. Dominique : oui.

749. L'enseignante : c'est quoi ?

750. Dominique : parce que mon père lui d'habitude dans son lait il a toujours ça.

751. L'enseignante : dans son lait ya toujours de la matière grasse. Mais tu la vois toi ?

752. Dominique : non mais en fait avant dans son café il met du lait et après sauf que lui il n'arrête pas de mettre que du café.

753. L'enseignante : bon, alors ce n'était pas ça ma question les enfants. La matière grasse est-ce que ça vous dit quelque chose, comme ça peut être la matière grasse ?

754. Angel : c'est grasse.

755. L'enseignante : ça peut être gras. Alors c'est quoi qui est gras les enfants ? Vous connaissez des choses ? Est-ce que vous connaissez des choses qui sont grasses ?

756. Jennifer : de la craie grasse.

757. L'enseignante : de la craie c'est vrai. Il y a des craies qui peuvent être grasses. Est-ce que Dominique tu peux aller m'en chercher une au fond de la classe ?

758. Dominique : oui.

759. L'enseignante : qu'est-ce qu'il y a d'autre qui est gras ?

760. Mégane : des fois sur la viande il y a du gras.

761. L'enseignante : oui très bien Mégane, sur la viande des fois il y a du gras. Il est comment le gras ? Comment tu vois que c'est du gras ?

762. Mégane : il est blanc.

763. L'enseignante : il est blanc ?
764. Maeva : des fois dans du jambon.
765. L'enseignante : c'est bien Maeva. C'est vrai dans les tranches de jambon il y a toujours un petit morceau de gras c'est le morceau qui est tout blanc. Alors qu'est-ce qu'il peut y avoir d'autre de gras ? Je vous ai ramené des choses pour vous montrer, des choses grasses. Je vous montre. Le gras, généralement, ça laisse des traces.
766. Johana : je sais, des traces de gras.
767. L'enseignante : ici, j'ai de la crème. Vous voyez ce que c'est la crème, la crème fraîche ?
768. Un enfant : oui la crème fraîche.
769. L'enseignante : eh bien je prends un peu de crème, je tartine sur ma feuille, et on va voir à la lumière. Je vais faire la même expérience avec du beurre, j'en tartine un petit peu sur ma feuille. Un petit peu d'huile...
770. Chercheur : ya beaucoup de gras apparemment.
771. Un enfant : derrière ça fait du blanc.
772. Un enfant : c'est du gras Karine !
773. L'enseignante : je vais ouvrir les rideaux pour qu'on voie un peu mieux à la lumière. Qui c'est qui m'a dit que ça fait du gras ?
774. Mégane : moi !
775. L'enseignante : Vous avez raison, dans tous ces produits là, dans le beurre, dans la crème, dans l'huile, même dans la craie, il y a du gras. Et le gras, vous avez vu ?
776. Mégane : ça ne s'efface pas.

777. L'enseignante : le gras ça fait quoi sur les doigts quand on touche ? Vous avez déjà touché l'huile quand on fait la pâtisserie. Regardez mes doigts.

778. Un enfant : ça fait tout liquide.

779. L'enseignante : je vous le montre. Regardez. Regardez bien. Je comprends que vous avez envie de toucher mais là on ne va pas toucher. Vous savez pourquoi pour l'instant on ne peut pas tous toucher ? Parce que en fait regardez, moi je vais toucher pour vous et je vais vous dire pourquoi on ne peut pas tous toucher. Quand on touche, les enfants, en fait après tout le gras il reste sur la main et ça fait plein de tâches, et ça peut nous salir les vêtements. Vous vous êtes déjà fait une tâche de beurre sur les vêtements ?

780. Les enfants : oui moi !

781. L'enseignante : qui c'est qui a déjà fait ?

782. Mégane : moi !

783. L'enseignante : ça t'a fait quoi sur tes vêtements ?

784. Mégane : eh ben ça m'a salie.

785. L'enseignante : ça fait une grosse tâche qui a du mal à partir.

786. Chercheur : tu sais Karine moi j'aurais une question parce que j'ai l'impression qu'ils sont des enfants très grands, mais est-ce qu'ils vont savoir répondre à ma question ?

787. L'enseignante : écoutez la question de Marcela, vous allez montrer que vous êtes des grands si vous savez lui répondre.

788. Chercheur : alors vous avez dit qu'il y avait du gras dans le jambon, dans la viande, mais ça on le voit le gras qu'il y a dans la viande et dans le jambon. Après l'expérience que vous venez de faire, Karine elle va lever la bouteille d'huile. Tu as ta bouteille d'huile Karine ? Tu peux la soulever ? Regarde on voit l'huile. Mais on ne voit pas ?

789. Un enfant : le gras.
790. Chercheur : le gras. Mais, même si on ne le voit pas, est-ce que ça veut dire qu'il est dedans ou pas ?
791. Les enfants : oui.
792. Chercheur : et comment on a la preuve qu'il y a du gras dans l'huile ?
793. Maeva : dans les doigts ça fait tout brillant et c'est tout gras après.
794. Chercheur : très bien. Donc on peut avoir du gras même si on ne le voit pas.
795. L'enseignante : vous avez entendu ?
796. Un enfant : dans les doigts c'est tout transparent.
797. L'enseignante : est-ce que le gras on le voit dans l'huile, on le voit dans la crème ?
798. Les enfants : non !
799. L'enseignante : est-ce que le gras on le voit dans le lait ?
800. Les enfants : non !
801. L'enseignante : eh bien non. Eh ben vous avez vu, toutes ces petites boules jaunes, c'est des petites boules de matière grasse, de gras, qui se baladent comme ça, dans le lait. Et attendez, j'ai une petite question très importante. Ces petites boules qui se baladent dans le lait, elles sont toutes collées entre elles ou il y a plein d'espace entre elles ?
802. Les enfants : ya plein d'espace.
803. L'enseignante : ya plein d'espace.

804. Chercheur : c'est bien et alors moi j'ai une question pour Karine. Je ne sais pas, j'espère que Karine elle va pouvoir me répondre à cette question. Les enfants ont trouvé que le lait du bouchon vert il était différent à celui du bouchon rouge.

805. Les enfants : oui.

806. Chercheur : et maintenant qu'on sait qu'à l'intérieur du lait il y a des petites boules de graisse qui se baladent, pourquoi, réfléchissez d'abord avant que Karine nous donne la réponse, pourquoi alors le rouge il était meilleur que le vert ? Angel je crois qu'il a la réponse.

807. Angel : ils ont mis des petites boules jaunes, ils ont mélangé, et on ne sent pas, on ne voit pas que c'est magique.

808. L'enseignante : alors c'est quoi la différence entre le lait avec le bouchon rouge et le lait avec le bouchon vert ?

809. Angel : je sais parce que j'ai goûté et ça sent pas meilleur, parce que les petites boules jaunes ça pue. Le vert.

810. Chercheur : le vert. Et le rouge ça sent quoi ?

811. Angel : ça sent le lait de vache et c'est bon.

812. Chercheur : et c'est bon, ça sent le lait d'une vraie vache. Je vais vous dire quelque chose qui va peut être vous mettre sur la piste. Vous savez comment il s'appelle le lait qui a un bouchon vert ?

813. L'enseignante : tu sais Théo ? Comment s'appelle le lait qui a un bouchon vert ?

814. Chercheur : Je le dis ou je ne le dis pas ?

815. Les enfants : tu le dis.

816. Chercheur : il s'appelle écrémé.

817. Un enfant : ah oui je le connais écrémé.
818. L'enseignante : le lait écrémé. Réfléchissez : Ecrémé...
819. Mégane : ya des fois la crème.
820. L'enseignante : ya la crème ? il y a le mot crème dans écrème.
821. Chercheur : et l'autre lait rouge, comment il s'appelle ?
822. Un enfant : le lait de vache.
823. L'enseignante : non tous les laits sont des laits de vache. Le lait rouge s'appelle...
824. Les enfants : le lait de vache.
825. L'enseignante : non.
826. Chercheur : entier.
827. Un enfant : Karine j'ai trouvé un truc là.
828. L'enseignante : alors on a vu déjà que la différence entre ces deux c'est que déjà ils n'ont pas le même nom. Il y en a un qui s'appelle entier et l'autre qui s'appelle écrémé.
829. Chercheur : mais qu'est-ce que ça veut dire entier ?
830. L'enseignante : écrémé ça veut dire qu'on a enlevé la crème. On a enlevé des petites boules de matière grasse. Et entier ça veut dire qu'on a laissé dedans toutes les petites boules de matière grasse. Alors il y en a qui ont préféré le lait où il y avait beaucoup de petites boules de matière grasse, et il y en d'autres qui ont préféré le lait où il n'y en avait pas du tout. Alors c'était lequel où il n'y en avait pas du tout ?
831. Maeva : c'était le vert !
832. L'enseignante : Dominique on t'écoute. Le lait où il n'y a pas du tout de petite molécule de graisse c'est quoi ? c'est le lait...

833. Dominique : écrémé.
834. L'enseignante : écrémé. Donc c'était le bouchon ?
835. Maeva : vert !
836. Dominique : moi c'est celui là que j'ai aimé.
837. L'enseignante : donc c'est celui-là que tu as aimé ?
838. Un enfant : moi aussi j'aime bien le vert.
839. L'enseignante : d'accord.
840. Chercheur : Karine excuse moi, mais tu as dit que l'autre lait il s'appelle entier, parce que il a toutes les petites gouttes de matière grasse. Et vous savez pourquoi il s'appelle entier ?
841. Un enfant : oui parce qu'il y a toutes les petites gouttes.
842. Chercheur : oui parce que quand le lait il sort de la mamelle de la vache, on n'enlève rien du tout à ce lait, c'est tel qu'il est sorti de la mamelle de la vache, qu'on le boit. C'est pour ça que c'est entier. Est-ce que vous savez ce que c'est qu'un entier ?
843. Mégane : entier ça veut dire qu'on le mange en entier.
844. Chercheur : tout entier. Donc on peut diviser un entier en de petits morceaux, et si on rajoute tous les petits morceaux ensemble ça fait un entier. C'est très bien merci, continuez à me faire connaître des choses comme ça.
845. L'enseignante : Là on avance vraiment sur la piste. Qu'est-ce que tu dis Mégane ?
846. Mégane : je n'ai pas vu le beurre.
847. L'enseignante : on va s'asseoir et je vais vous montrer.
848. Les enfants : tu vas mélanger ?

849. L'enseignante : non je ne vais pas mélanger, je vais juste vous montrer, sans que vous vous leviez ce qu'il y a dans la casserole.

850. Un enfant : Karine, quand on boit le lait les graisses ils font quoi, ils viennent dans la gorge quand on boit ?

851. L'enseignante : oui. Mais quand tu bois du lait vert il n'y a plus de petites graisses, c'est du lait écrème, on a enlevé la graisse. Quand tu bois du lait rouge, il y a des petites particules de graisse qui viennent dans ton corps. C'est comme quand tu manges du beurre sur la tartine, comme quand tu manges de la viande qui est cuite avec de l'huile, il y a toujours un petit peu de graisses qui viennent dans ton corps. Mais tu sais que tu en as besoin dans ton corps, c'est important, ce n'est pas mauvais la graisse. C'est important qu'il y en a un petit peu mais pas trop.

Vous êtes prêts ?

852. Les enfants : oui !

853. L'enseignante : vous ouvrez bien grand les yeux ?

854. Les enfants : oui !

855. L'enseignante : alors regardez bien. Sur le lait, après l'avoir cuit, regardez bien ce qu'on obtient.

856. Un enfant : ça fait de la peau.

857. L'enseignante : ça fait quoi ? qui sait comment ça s'appelle ?

858. Un enfant : de la graisse.

859. L'enseignante : de la graisse ? Enzo ?

860. Enzo : de la peau.

861. L'enseignante : Jennifer ?

862. Jennifer : du beurre.
863. L'enseignante : ça c'est du beurre ? Pas encore.
864. Maeva : ce n'est pas encore du beurre mais ça va être bientôt du beurre.
865. L'enseignante : ah tu crois qu'avec ça on peut faire du beurre ?
866. Maeva : oui c'est de la peau !
867. L'enseignante : tu crois Maeva ?
868. Maeva : non mais c'est de la peau.
869. L'enseignante : c'est de la peau mais il n'y a pas un autre mot ? ça s'appelle comment ?
870. Mégane : de la peau qui est gras.
871. L'enseignante : de la peau qui est grasse. La peau qui est grasse ça s'appelle de la ?
872. Un enfant : graisse.
873. Les enfants : de la crème grasse.
874. L'enseignante : eh bien vous avez trouvé les enfants. Quand on fait chauffer du lait, regardez au dessus, il y a de la crème. C'est de la crème ça. Et vous allez voir, cet après midi, Marcela va revenir. On va voir ensemble ce qu'on peut faire avec cette crème.
875. Un enfant : grasse !
876. L'enseignante : Qu'est-ce qu'on va pouvoir faire avec cette crème qui est grasse, c'est vrai ?
877. Mégane : on va voir si ça fait du beurre.
878. L'enseignante : eh bien on va voir comment on pourrait faire pour que ça devienne du beurre.

879. Un enfant : le mettre au frigo !

880. L'enseignante : tu crois que Louis il a raison ? mais pour l'instant est-ce que c'est du beurre ?

881. Les enfants : non mais faut le mettre au frigo.

882. L'enseignante : alors écoutez, vous allez rester assis à votre place, et on essayera cet après midi de faire ces expériences là.

883. Chercheur : eh bien merci, parce que avec vous j'apprends plein de choses, et j'ai envie que Louis regarde par là, parce que tu as eu quand même une bonne idée de faire cuire le lait, mais on n'est pas encore à faire du beurre. Alors on continuera encore cet après midi comme a dit Karine.

884. L'enseignante : ce n'est pas la peine de ramener des choses de la maison, on va se débrouiller avec ce qu'on a et surtout avec ce que vous nous dites.

885. Un enfant : on va le faire nous même.

886. Chercheur : oui il faut bien réfléchir parce que, jusqu'à présent vous avez fait plein d'expériences, vous avez rajouté plein de choses différentes, de la farine, des œufs et tout ça et ça n'a rien donné. Est-ce que pour faire du beurre, au lieu de rajouter plein de choses, on aurait besoin peut être de faire autre chose. Réfléchissez, et cet après midi je reviens, d'accord ?

887. L'enseignante : d'accord Marcela.

888. Chercheur : merci à toute à l'heure !

5^{ème} séance, vérification par l'expérimentation d'une nouvelle prédiction : crème + machine et fouet

889. L'enseignante : qu'est-ce qu'on a fait ce matin les enfants ?

890. Un enfant : on avait fait la recette de Louis.

891. L'enseignante : Ce matin, très bien on a fait l'expérience de Louis. Elle consiste en quoi cette expérience ?

892. Mégane : ah je sais !

893. L'enseignante : on l'a faite tous ensemble. Alors Mégane ? Théo ?

894. Théo : on a fait le beurre.

895. L'enseignante : on a fait du beurre ? Lucie ?

896. Lucie : il a pris que du lait et il a dit qu'on chauffait dans une casserole.

897. L'enseignante : ce matin on a fait chauffer du lait et on a obtenu ça. On a dit que c'était ?

898. Un enfant : de la peau.

899. L'enseignante : de la peau.

900. Un enfant : grasse !

901. L'enseignante : du gras oui. On a dit que ça s'appelait aussi de la crème...

902. Un enfant : mais ce n'est pas du beurre.

903. L'enseignante : est-ce que c'est déjà du beurre ça ?

904. Les enfants : non.

905. L'enseignante : donc on a obtenu de la crème. Vous vous rappelez ?

906. Les enfants : oui.
907. L'enseignante : et qu'est-ce qu'on a goûté d'autre ce matin ?
908. Les enfants : du lait.
909. L'enseignante : Enzo, on a goûté quoi ?
910. Enzo : on a goûté le lait.
911. L'enseignante : n'importe quel lait ?
912. Un enfant : deux laits.
913. L'enseignante : on a goûté deux laits. Le premier il était comment ?
914. Un enfant : vert.
915. L'enseignante : le premier il avait le bouchon rouge et c'est du lait ?
916. Un enfant : de vache, de vraie vache.
917. L'enseignante : les deux c'est du lait de vache, mais on vous avait du que c'était du
lait ?
918. Un enfant : entier.
919. L'enseignante : entier. Pourquoi c'est du lait entier ? ça veut dire quoi ?
920. Un enfant : ya des petits trucs.
921. Maeva : jaunes ! le gras ! ya le gras. Ya le gras à l'intérieur mais on le voit pas.
922. Un enfant : ils sont tous petits rikiki.
923. L'enseignante : et oui, dans celui là il y a plein plein plein...
924. Mégane : et dans l'autre il y aura pas.

925. L'enseignante : oui c'est très bien, vous avez tout bien résumé, vous avez tout bien compris. Dans le lait rouge on a plein de petites matières grasses qui se baladent, et dans le lait écrémé on a enlevé toutes les matières grasses, et du coup il n'y a plus de petites gouttes jaunes qui se baladent à l'intérieur. Et vous savez les enfants, quand on prend le lait entier, celui qui sort de la mamelle de la vache et qu'on le laisse longtemps reposer, on obtient au dessus de la crème. Et avec Marcela, nous, ce qu'on a fait, c'est qu'on a pris de la crème comme ça qui vient du lait, qui ressemble à celle là.

926. Les enfants : de la crème fraîche.

927. L'enseignante : Eh oui, c'est de la crème fraîche. Vous avez sûrement déjà vu ça à la maison.

928. Un enfant : j'ai déjà vu à la maison. C'est de la crème fraîche que des fois on met sur les petits pois.

929. L'enseignante : alors comme on n'avait pas le temps d'attendre longtemps que le lait devienne de la crème, avec Marcela on a ramené tout de suite de la crème. Mais il faut bien regarder dans sa tête que pour faire de la crème comme ça, on prend le lait, on le laisse reposer longtemps, longtemps, longtemps, et que au dessus, quand on le laisse reposer, arrive de la crème comme ça. Bon, vous vous rappelez ce matin, on avait dit qu'avec cette crème-là on pouvait faire d'autres expériences. On s'est rendu compte...

930. Un enfant : on peut goûter la crème fraîche ?

931. L'enseignante : on n'a pas le temps, on va essayer de fabriquer du beurre. Si on perd du temps à goûter on n'aura pas le temps de tout faire. On a goûté le lait déjà ce matin. Donc, ce matin on s'est dit qu'on allait faire des expériences. Je vous rappelle qu'on avait dit qu'en mélangeant le lait avec tout ce qu'on avait déjà fait comme expérience, on a

mélangé le lait avec l'huile, avec l'œuf, avec la farine, avec le sel, avec le poivre, tout ça est-ce que ça donnait du beurre ?

932. Un enfant : non

933. L'enseignante : non. Donc il ne va pas falloir rajouter d'autres choses dans cette crème pour fabriquer du beurre. Mais qu'est-ce qu'il va falloir bien faire ?

934. Maeva : oh je sais ! on peut mettre aussi du crème.

935. Chercheur : on a de la crème ?

936. L'enseignante : oui on a de la crème et qu'est-ce qu'on va faire avec ?

937. Chercheur : vous savez une chose ? je viens de me rappeler quelque chose. Angel il avait eu une idée l'autre fois, il a dit qu'il fallait une machine.

938. Angel : oui une machine en faisant chauffer du beurre et après ça devient du beurre avec de l'huile et la crème fraîche. Parfois c'est la meilleure idée pour faire du beurre.

939. L'enseignante : tu sais ce que j'ai fais moi Angel ? J'ai pensé à toi et comme tu m'as dit qu'il fallait une machine, je t'ai ramené une machine.

940. Un enfant : c'est un mixeur j'avais vu moi à la maison.

941. L'enseignante : alors c'est parti ! (*L'enseignante met en route le mixer, les enfants se bouchent les oreilles*)

942. Chercheur : mais ça sert à quoi ça ?

943. L'enseignante : vas-y Maeva.

944. Maeva : c'est pour mélanger.

945. L'enseignante : oui c'est pour mélanger. Très bien. Quoi Antoine ?

946. Antoine : c'est un mixeur.

947. L'enseignante : oui c'est un batteur ou un mixeur, ça sert à mélanger des choses. Alors et ça, ça sert à quoi ?
948. Un enfant : ça sert à mélanger.
949. Clémence : c'est un fouet.
950. L'enseignante : c'est un fouet. Et ça sert à quoi le fouet ?
951. Théo : ça sert à mélanger aussi.
952. L'enseignante : ça aussi ça sert à mélanger ?
953. Chercheur : mais Karine si les deux servent à mélanger, c'est quoi la différence entre l'un et l'autre ?
954. Angel : la machine elle va plus vite.
955. L'enseignante : vous avez entendu Angel ? qu'est-ce qu'il a dit ?
956. Les enfants : la machine elle va plus vite.
957. Chercheur : et on le fait avec quoi la machine, on le fait avec la main ?
958. Angel : on le prend ici, on appuie sur le bouton et après ça tourne plus vite.
959. Chercheur : donc tu ne mets pas l'électricité ? tu appuie sur le bouton pour voir ce qui se passe. Ça ne marche pas ?
960. Louis : non il faut le brancher (*L'enseignante montre le fouet*)
961. L'enseignante : et ça il faut de l'électricité ?
962. Les enfants : non.
963. L'enseignante : il faut quoi pour utiliser le fouet ?
964. Les enfants : rien ! la main.

965. L'enseignante : ah il faut la main. Il faut quoi avec la main ? Il faut que je fasse quoi ?
966. Les enfants : tourner.
967. L'enseignante : Il faut que je tourne. Il faut que je bouge.
968. Chercheur : et qu'est-ce qu'on pourrait faire alors ? on a la crème, on a ça, un appareil.
Alors qu'est-ce qu'on peut faire avec la crème et tout ça ? déjà, ne me dites pas il faut mettre des œufs dans la crème parce qu'on a vu que c'était horrible. Ne me dites pas mettre de la farine dans la crème parce que c'était horrible avec le lait.
Qu'est-ce qu'on peut faire avec la crème et tout ça ?
969. Angel : on met la crème, après on tourne, après on fait réchauffer, après on met deux secondes au frigo, après ça devient du beurre.
970. Chercheur : ah d'accord, peut être. Quelqu'un a une autre idée ?
971. L'enseignante : pour fabriquer du beurre, Angel propose de mélanger la crème avec ?
972. Angel : du lait.
973. L'enseignante : avec ce batteur là. Nous on vous propose qu'il y ait un groupe qui parte mélanger la crème avec ce batteur électrique sur cette table, et il va y avoir un autre groupe qui va partir mélanger la crème là bas avec le fouet. On va travailler les deux groupes séparés, et après on reviendra tous ensemble pour voir ce que ça donne. *(une autre maîtresse bat avec le fouet la crème dans un saladier)*
974. L'enseignante : dès que vous voyez quelque chose qui se passe, vous me dites.
975. Mégane : moi je vois quelque chose qui se passe.
976. L'enseignante : qu'est-ce que tu vois qui se passe ?
977. Un enfant : ça commence à faire des petites montagnes
978. L'enseignante : des petites montagnes ?

979. Un enfant : oui avec la crème fraîche là sur le côté.
980. L'enseignante : et toi Diane est-ce que tu vois quelque chose ?
981. Diane : oui.
982. L'enseignante : qu'est-ce que tu vois ?
983. Diane : de la crème.
984. L'enseignante : tu vois de la crème, est-ce que ça change de couleur ?
985. Diane : non.
986. Un enfant : oui un petit peu. *(L'enseignante, Karine, a le batteur dans la main et est assise avec les enfants)*
987. L'enseignante : Alors on regarde bien, je vais mettre le batteur dans la crème et dès que vous voyez quelque chose qui se passe vous me dites d'accord.
988. Les enfants : ça fait des traits.
989. L'enseignante : oui pour l'instant ça fait des traits.
990. Louis : tu peux mettre plus vite Karine.
991. L'enseignante : pour l'instant on n'a pas besoin de mettre plus vite. *(l'autre maîtresse continue toujours de battre avec le fouet).*
992. Un enfant : ça ne fait rien, ça commence à changer de couleur.
993. Chercheur : ah ça change là.
994. Un enfant : ça sent bon *(L'enseignante, Karine, a le batteur dans le saladier, toujours en marche).*
995. Un enfant : on voit du jaune maintenant Karine.
996. Un enfant : ah ça va plus vite ! *(l'autre maîtresse avec le fouet dans le saladier).*

997. Les enfants : ah c'est du beurre !

998. L'enseignante : et comment vous savez ?

999. Les enfants : parce que c'est jaune !

1000. L'enseignante : c'est jaune et puis ?

1001. Les enfants : ça devient du beurre.

1002. L'enseignante : regardez ! comment ce n'est pas rapport à l'autre crème de toute à l'heure ?

1003. Un enfant : c'était blanc et là c'est jaune.

1004. L'enseignante : et puis ?

1005. Un enfant : et c'est dur.

1006. L'enseignante : exactement. Et regardez ce qu'il y a au fond du saladier.

1007. Les enfants : de l'eau.

1008. L'enseignante : oui. Et là, qu'est-ce qu'on a dedans ? là dans mon fouet ?

1009. Les enfants : du beurre. Des matières grasses. *(à la table du batteur)*

1010. Chercheur : faites voir ! qu'est-ce qu'il y a là ?

1011. Un enfant : nous on a du beurre.

1012. L'enseignante : alors on va en prendre un petit peu. On avait parlé des petites gouttes de matière grasse. Alors on va prendre ce qu'on a fabriqué, le malaxer, et on va le mettre dans l'assiette pour que les copains de l'autre groupe puissent le voir. *(à la table du fouet)*

1013. L'enseignante : voilà on le met dans l'assiette.

1014. Chercheur : et on va le malaxer pour qu'il prenne une jolie forme.

1015. Un enfant : moi je sais le malaxer.

1016. L'enseignante : attends. (*L'enseignante malaxe le résultat pour en faire une boule dans l'assiette*)

1017. L'enseignante : regardez, là toute la matière grasse est revenue. Et là regardez ce qu'il se passe encore, qu'est-ce que je fais tomber ?

1018. Un enfant : de l'eau.

1019. L'enseignante : encore de l'eau, exactement.

1020. Chercheur : et on peut la mettre dans le petit bol.

1021. L'enseignante : regardez mes mains, comment elles sont ?

1022. Les enfants : toutes grasses.

1023. L'enseignante : elles sont toutes grasses. Et là qu'est-ce que je suis en train de faire tomber ?

1024. Les enfants : de l'eau.

1025. L'enseignante : et qu'est-ce que j'ai des mes mains ?

1026. Les enfants : la matière grasse.

1027. L'enseignante : toute la matière grasse, exactement. Et là j'ai ?

1028. Un enfant : du beurre.

1029. L'enseignante : du beurre, exactement.

1030. Chercheur : vous pouvez vous applaudir hein ! vous-même parce que vous avez un super beurre.

1031. L'enseignante : et vous avez vu toute l'eau qu'on a gardée ? (*à la table du batteur*)

1032. L'enseignante : je rebats encore un peu pour enlever l'eau.

1033. Chercheur : oui il faut enlever l'eau.

1034. L'enseignante : je vais mélanger encore un petit peu (*à la table du fouet*)

1035. Les enfants : ça sent bon.

1036. L'enseignante : ça sent quoi ?

1037. Les enfants : le beurre.

1038. Chercheur : écoutez vous êtes les plus forts parce que vous avez fini avant.

1039. Les enfants : ouais !

1040. L'enseignante : et vous aviez dit que je n'avais pas de force dans les bras ? qui c'est qui avait dit ça toute à l'heure ?

1041. Chercheur : donc ce que vous allez faire, vous allez vous asseoir là tout doucement.
(*les enfants sont à nouveau installés devant le tableau en groupe assis*).

1042. L'enseignante : Alors voilà le résultat de ce que vous avez obtenu. Alors, quelqu'un du groupe d'Isabelle.

1043. Sonia : eh ben en faite nous on a pris de la crème fraiche parce qu'on n'a pas réussi et après on a pris l'autre et c'est devenu tout jaune et c'est devenu comme ça du beurre.

1044. L'enseignante : d'accord alors avec la première crème fraiche, ceux qui étaient dans mon groupe est-ce qu'on a réussi nous ?

1045. Les enfants : non, pas le premier, que le deuxième.

1046. L'enseignante : est-ce qu'on vous a expliqué la différence entre les deux crèmes fraiches ?

1047. Un enfant : elle est jaune et elle est blanche.

1048. L'enseignante : elle est elle un tout petit plus foncée c'est vrai, que celle-ci. Celle-ci elle est un petit peu jaune claire alors que celle-ci elle est blanche. Est-ce qu'il y a quelqu'un qui peut me dire qu'est-ce qui pourrait y avoir comme différence entre ces deux crèmes fraîches.

1049. Mégane : eh ben dans la crème fraîche.

1050. L'enseignante : dans laquelle ?

1051. Mégane : dans celle-là, la blanche, il n'y a pas beaucoup de matière grasse. Dans celle-là il y en avait encore plus.

1052. L'enseignante : alors dans celle-là il n'y avait pas beaucoup de matière grasse, et dans celle-là il y en avait plus. Avec laquelle ça a marché ?

1053. Les enfants : celle-là.

1054. L'enseignante : avec celle qui avait beaucoup de matière grasse. C'est vrai, avec celle-là les deux expériences, avec Isabelle avec, elle a remué avec quoi ?

1055. Un enfant : avec le fouet.

1056. L'enseignante : avec un fouet. Elle a mis longtemps pour obtenir le beurre avec ça ?

1057. Les enfants : oui. Non elle l'a fait vite.

1058. L'enseignante : elle l'a fait vite. Alors il suffit de quoi pour faire du beurre ? Qui peut me dire en résumé il suffit de quoi pour faire du beurre ?

1059. Antoine : il faut mettre de la crème fraîche.

1060. L'enseignante : qu'est-ce qu'on a fait là dans la classe cet après midi pour faire du beurre ? Tout le monde doit le savoir.

Depuis le premier jour que Marcela est venue dans la classe, on se pose la question de savoir comment fabriquer du beurre. Cet après midi, avec Isabelle ou avec moi, vous

avez fait une expérience qui nous a permis d'obtenir du beurre. Alors ma question est :
Comment est-ce qu'on a fait pour fabriquer du beurre ?

1061. Idana : on a mis de la crème fraîche et on a mélangé.

1062. L'enseignante : ah c'est comme ça qu'on obtient du beurre.

1063. Mégane : non !

1064. L'enseignante : non Mégane ?

1065. Mégane : c'est la crème fraîche ou ya plus de matière grasse.

1066. L'enseignante : oui on prend une crème où il y a beaucoup de matière grasse, on
mélange, et on obtient du beurre. Mais est-ce qu'on obtenu que du beurre ?

1067. Les enfants : non ya aussi de l'eau.

1068. Maeva : Du lait. Non c'est du lait !

1069. L'enseignante : pourquoi est-ce que c'est du lait Maeva ?

1070. Maeva : parce que il est tout blanc.

1071. L'enseignante : parce qu'il est blanc oui. On est partis de quoi pour fabriquer de la
crème déjà ? avec quoi on fait la crème ?

1072. Un enfant : de la crème fraîche avec plus de matière grasse.

1073. Chercheur : et la crème elle vient d'où ?

1074. Un enfant : de la vache.

1075. Chercheur : de la vache directement ?

1076. Maeva : non.

1077. L'enseignante : je répète tout depuis le début. Avec le lait, quand on le laisse longtemps reposer, on obtient de la crème. Avec la crème, quand on la bat longtemps, on obtient du beurre et ?

1078. Les enfants de l'eau, du lait.

1079. L'enseignante : c'est comme du lait sauf que ça s'appelle du bas beurre. Et comment on a fait pour faire ça ? on est partis de la crème qui était comme ça. Ça c'est notre verre de lait. Dans notre verre de lait on a plein de petites gouttes de matière grasse. Et dans la crème c'est pareil. Dans la crème on a aussi plein de petites matières grasses. Mais les matières grasses, vous avez vu, est-ce qu'elles sont toutes collées ?

1080. Les enfants : non, il y a des espaces.

1081. L'enseignante : ya plein d'espaces. Les matières grasses se baladent. Et en fait, nous, comme on a mélangé toutes ces matières grasses qui étaient dans la crème, et bien regardez ce qu'on a obtenu ?

1082. Les enfants : du beurre.

1083. L'enseignante : du beurre avec le liquide qui reste, qui s'appelle le bas beurre.

1084. Chercheur : alors moi j'ai une dernière question à proposer parce que vous êtes un peu fatigués, moi je dois partir de l'école aller voir d'autres enfants, je voudrais savoir comment expliquer rapidement à un enfant qui ne sait pas comment fabriquer du beurre, écoute pour fabriquer du beurre, il faut ça, ça et ça.

1085. Un enfant : en fait pour fabriquer du beurre en fait il faut des ingrédients.

1086. Chercheur : c'est-à-dire, quels ingrédients ?

1087. Un enfant : du lait.

1088. Chercheur : du lait, et après ? qui peut l'aider ?

1089. Maeva : d'abord, c'est de la crème fraîche, et dans la crème fraîche si on a un petit peu de matière grasse ça ne marche pas et si on a beaucoup de matière grasse et ben ça marche.

1090. Chercheur : alors pourquoi ça marche avec beaucoup de matière grasse ?

1091. Maeva : parce que si on mélange beaucoup, beaucoup de fois, et ben après ça devient tout jaune.

1092. Chercheur : d'accord et qu'est-ce qui se passe avec la matière grasse, elle continue à se balader quand on fait comme ça ?

1093. Les enfants : non.

1094. Chercheur : elle fait quoi ?

1095. Mégane : elle se colle.

1096. Chercheur : elle se colle, très bien. Donc pour faire du beurre, si j'ai bien compris, il faut que je dise qu'il faut de la crème avec beaucoup de matière grasse, mais que la crème aussi elle vient du lait, il ne faut pas oublier, et ensuite on fait quelque chose avec quoi ?

1097. Maeva : on mélange.

1098. Chercheur : on mélange avec quoi ? on prend quoi pour mélanger ?

1099. Maeva : avec la machine.

1100. Chercheur : oui et si je n'ai pas de machine ?

1101. Maeva : avec une cuillère.

1102. Chercheur : avec une cuillère et si je n'en ai pas je pourrais utiliser autre chose ?

1103. Les enfants : avec un fouet.

1104. Chercheur : un fouet et autre chose que je pourrais utiliser ?

1105. Un enfant : une machine.

1106. Chercheur : une machine très bien un mixeur. Et quelque chose aussi que je vois qu'on pourrait utiliser.

1107. Un enfant : une fourchette.

1108. Chercheur : oui aussi très bien.

1109. Un enfant : un couteau.

1110. Chercheur : et avec tout ça alors je fais quoi avec le beurre ? quand je bats comme ça

1111. Maeva : ça fait du beurre.

1112. Chercheur : ça fait du beurre parce que...

1113. Maeva : parce que ça se colle.

1114. Chercheur : qu'est-ce qui se colle ?

1115. Maeva : les matières grasses.

1116. Chercheur : eh bien c'est parfait, vous pouvez vous applaudir très, très fort. Vous avez très bien réussi et je comprends que vous soyez fatigués parce que, en plus, on a eu ce problème avec la matière grasse, ça ne marchait pas au départ. Je vous remercie tous et je vous revois lundi.

**6^{ème} séance, rappel de la dernière expérimentation et réalisation d'un travail de formalisation
suivi d'une discussion.**

1117. L'enseignante : il fallait utiliser une machine. Donc mardi c'est ce qu'on a fait, on a pris de la crème fraîche, on l'a mélangée avec le batteur, et ça nous a donné du beurre. Alors j'ai une petite question à vous poser : à votre avis, à la place de cette machine, on pourrait mettre quoi d'autre ?

1118. Idana : un fouet.

1119. L'enseignante : à ton avis avec la crème si on utilise un fouet, ça marche ? ça fait du beurre ?

1120. Les enfants : oui.

1121. L'enseignante : oui très bien. On va mettre l'image. Ça sert à quoi ?

1122. Les enfants : ça sert à mélanger.

1123. L'enseignante : ça sert à mélanger. Quelqu'un a une autre idée ? Avec quoi on pourrait mélanger ?

1124. Enzo : une cuillère.

1125. L'enseignante : avec une cuillère très bien.

1126. Jennifer : une fourchette.

1127. L'enseignante : avec une fourchette. Et bien dites donc, on peut mélanger avec beaucoup de choses. Autre chose, une autre idée ?

1128. Un enfant : avec un couteau.

1129. L'enseignante : avec un couteau, mais un couteau ça sert plutôt à découper. Quoi d'autre ? plus d'idée ? mais c'est déjà bien.

1130. Un enfant : avec les mains.

1131. L'enseignante : avec les mains, oui on peut mélanger avec les mains.

1132. Chercheur : on peut dessiner une main.

1133. Un enfant : on peut la coller la main.

1134. L'enseignante : on va la dessiner parce qu'on ne l'a pas en image. On peut dessiner avec la main, justement regardez, j'ai la photo d'un petit cuisinier qui utilise sa main pour mélanger.

1135. Un enfant : non il a une cuillère.

1136. L'enseignante : avec aussi une cuillère. Alors regardez les enfants, sur la table on vous a installé à chacun, chaque enfant va avoir une petite enveloppe fermée avec du scotch. Donc c'est la surprise que vous allez trouver dedans, pour l'instant je n'en parle pas, vous allez découvrir vous-même. Pour ouvrir le scotch, si c'est un petit peu trop dur, vous pouvez nous demander, on va vous aider. Il suffit de tirer.

Vous avez regardé quoi d'autre sur votre table ?

1137. Les enfants : une feuille.

1138. L'enseignante : une feuille. Qu'est-ce qu'il y a sur cette feuille Théo ?

1139. Théo : du beurre.

1140. L'enseignante : tu vois du beurre ?

1141. Théo : oui.

1142. L'enseignante : ici c'est vrai, il y a du beurre à côté de ce rond là. Qu'est-ce que l'on voit d'autre ?

1143. Mégane : on voit un beurre qu'est barré.

1144. L'enseignante : là on voit du beurre qui est barré. Voilà, je vais vous dire à quoi ça sert. Ici, dans le rond qui est à côté du beurre, il va falloir que vous colliez les petites images qui sont dans l'enveloppe qui servent à fabriquer du beurre. Dans toutes les images que vous allez voir, il faut coller ici tout ce qu'on peut utiliser pour fabriquer du beurre. Et dans

l'autre, on colle tout ce qui reste, toutes les images qui ne nous servent pas du tout à fabriquer du beurre. Est-ce que quelqu'un peut me dire ce qu'il faut faire ?

1145. Lucie : ya deux ronds et ya un beurre qui est barré et...

1146. L'enseignante : et qu'est-ce qu'il faut faire ?

1147. Lucie : dans le rond il faut mettre les images et dans l'autre il faut mettre les images qui servent pas à faire du beurre et dans celui qui faut faire du beurre on met les images.

1148. L'enseignante : et oui c'est ça dans le rond à côté de l'image où il y a du beurre on met, toutes les images des objets ou des choses qui nous servent à fabriquer du beurre. Et ici, tout le reste, tout ce qui ne nous sert pas à fabriquer du beurre. Est-ce que tout le monde a bien compris ?

1149. Les enfants : oui.

1150. L'enseignante : est-ce que quelqu'un n'a pas compris ? tu n'as pas compris Mildred ce qu'il fallait faire ? alors on va te réexpliquer. Mégane tu vas essayer de réexpliquer ?

1151. Mégane : et ben en faite, dans le rond à côté du beurre.

1152. L'enseignante : regarde Mildred, tu vas avoir une enveloppe. Dans cette enveloppe tu vas l'ouvrir, tu vas avoir plein d'images. Comme des images qui sont par ici par exemple, plus d'autres.

1153. Mégane : ben en faite dans le premier rond à côté du beurre, faut mettre tous les objets pour fabriquer du beurre et à côté tout ce qui sert pas.

1154. L'enseignante : tout ce qui ne nous sert pas pour fabriquer du beurre. Dominique et Mildred, je redis une fois ou c'est bon ? ici on colle toutes les images pour fabriquer du beurre et ici toutes les images dont on n'a pas besoin pour fabriquer du beurre.

1155. Un enfant : moi j'avais tout compris avec Mégane.

1156.L'enseignante : alors vous savez que vous allez avoir tous une petite spatule.

1157.Un enfant : c'est quoi une spatule ?

1158.L'enseignante : pour utiliser la colle parce que vous allez les coller les images. Quand vous avez fini votre travail, surtout vous le laissez sécher. On va vous donner un petit crayon pour écrire votre nom mais vous les laissez sur les tables sécher. Les pots de colle, c'est pour toute la table, alors je ne veux que personne ne prenne le pot de colle pour lui et personne ne se dispute à cause de la colle. La colle on la partage. Le groupe bleu, vous allez vous installer sur la table. *(les enfants sont installés sur les tables à coller leurs images).*

1159.Un enfant : ce qu'on n'a pas besoin on met là, ce qu'on a besoin on met là.

1160.Angel : après mélanger avec une fourchette c'est mieux. *(les enfants sont revenus devant le tableau assis en groupe).*

1161.L'enseignante : on va voir si vous avez tous fait la même chose ou pas. Vous vous rappelez ce qu'on a mis comme étiquettes là. On a dit que pour fabriquer du beurre on avait besoin ?

1162.Un enfant : de la crème fraîche.

1163.L'enseignante : de la crème fraîche,

1164.Un enfant : une machine.

1165.L'enseignante : et d'un batteur, en fait il faut mélanger la crème, mais on avait dit qu'à la place du batteur on pouvait utiliser ?

1166.Un enfant : un fouet.

1167.L'enseignante : un fouet, une cuillère, une fourchette et la main. Donc on a dit qu'on fabriquait du beurre comme ça. Alors maintenant on va voir si dans votre travail, vous

avez fait la même chose. Par exemple, on regarde tous le travail d'Antoine. Quelqu'un me rappelle ce qu'il fallait mettre dans ce rond là.

1168. Jennifer : en fait dans ce rond là il fallait mettre tous les objets ou toutes les choses et il fallait le mettre dans le rond où on fabriquait du beurre.

1169. L'enseignante : ici ça doit être toutes les choses qui servent à fabriquer du beurre. Donc d'après Antoine, avec de la crème on fabrique du beurre. Est-ce qu'il a raison ?

1170. Les enfants : oui.

1171. L'enseignante : tout le monde est d'accord ?

1172. Les enfants : oui.

1173. L'enseignante : d'après Antoine, pour fabriquer du beurre on peut utiliser une fourchette, un fouet, une cuillère, un batteur. Est-ce que c'est vrai, est-ce qu'on peut utiliser tout ça ? qui dit non ? pourquoi Dominique non ?

1174. Dominique : parce que un batteur ça sert à rien faire parce que on ne peut pas faire avec le batteur.

1175. L'enseignante : avec le batteur tu penses qu'on ne peut pas faire le beurre ?

1176. Dominique : non.

1177. L'enseignante : alors toi tu n'étais pas dans mon groupe ? tu étais dans le groupe d'Isabelle quand on a fait le beurre ?

1178. Dominique : oui.

1179. L'enseignante : et tu as vu avec mon groupe, moi j'ai utilisé un batteur, tu te rappelles, il y avait un groupe avec Isabelle qui faisait au fouet et un groupe avec le batteur qui était avec moi. Est-ce que ça a marché le groupe qui était avec moi ?

1180. Les enfants : oui.

1181.L'enseignante : et oui Dominique, avec le batteur, quand on a battu la crème, on a obtenu du beurre.

1182.Dominique : avec le fouet aussi.

1183.L'enseignante : avec le fouet aussi. Donc le batteur, tout ça c'est bon. Maintenant, est-ce que pour fabriquer du beurre on a utilisé de l'huile ?

1184.Les enfants : non. Ça ne marche pas.

1185.Idana : oui.

1186.L'enseignante : avec l'huile ça marchait ?

1187.Idana : non ça n'a pas marché.

1188.L'enseignante : donc là ça ne va pas, il y a une erreur, Antoine. Et le lait ?

1189.Les enfants : oui. Non.

1190.L'enseignante : alors qui dit non ? pourquoi Saïd ?

1191.Saïd : parce qu'en fait on a continue avec le lait et ça restait du lait.

1192.L'enseignante : oui très bien tu as une bonne mémoire. Quand on avait mis le lait au frigo c'était resté du lait. Quoi d'autre Lucie ?

Je vais vous dire un truc vous n'avez peut être pas écouté la dernière fois. Parce qu'on avait dit que pour fabriquer la crème,

1193.Mégane : on prendrait du beurre.

1194.L'enseignante : pour faire de la crème on prenait du lait.

1195.Lucie : même tout le monde a mis le lait dans la même case.

1196.L'enseignante : ah on verra si tout le monde a mis le lait.

c'est vrai, tout le monde a mis le lait. C'était un petit piège en fait.

1197. Chercheur : oui mais bon ce n'est pas une faute très grave parce que comme tu leur as dit, pour faire de la crème, il fallait du lait avant. Donc on peut considérer que ce n'est pas vraiment une faute.

1198. L'enseignante : les enfants qui n'ont pas mis le lait, c'est bien et les enfants qui ont mis le lait ce n'est pas une grosse faute. C'est une toute petite faute parce qu'avec le lait on fait la crème, qui sert à faire le beurre. Donc, en gros, c'est vrai qu'il faut du lait pour faire du beurre.

1199. Chercheur : Karine, tu sais quand l'autre jour ils avaient travaillé avec toi, quand ils avaient fini de faire le beurre, il y avait un liquide qui sortait.

1200. Un enfant : c'est de l'eau.

1201. Chercheur : ah non ce n'est pas de l'eau. C'était du lait.

1202. L'enseignante : vous ne vous rappelez pas de sa couleur ?

1203. Chercheur : c'était du lait ?

1204. L'enseignante : c'était un peu blanc. C'était du lait.

1205. L'enseignante : c'était du lait mais.

1206. Un enfant : du rouge et du vert.

1207. Chercheur : tu sais, là c'est bien ce que tu viens de dire. Parce que vous vous rappelez qu'il y avait plein de gouttes de graisse qui se baladaient dans le lait et dans la crème pareil. Et après quand on utilise la machine on fait le beurre, comment elles font ces petites gouttes ?

1208. Maeva : et après ils sont.

1209. Chercheur : non elles font quoi, elles sont séparées dans le beurre ?

1210. Maeva : non elles sont collées.

1211. Chercheur : elles sont collées. Et ce qui sort après, c'est du lait. Mais il n'y a plus de quoi ?

1212. Maeva : de matière grasse.

1213. Chercheur : oui. Il s'appelait comment le lait où il n'y a pas de matière grasse ?

1214. Un enfant : entier.

1215. L'enseignante : entier c'est que justement il sort de la vache directement comme ça donc il sort déjà avec plein de graisse. Il s'appelait comment Jennifer ?

1216. Angel : écrémé.

1217. L'enseignante : très bien Angel. Du lait écrémé ça veut dire qu'on a enlevé toute la matière grasse.

On continue. Donc là, l'huile, ça n'allait pas Antoine. Ensuite, on va regarder quelqu'un d'autre. Idana toi aussi tu as mis de l'huile, est-ce que ça va pour faire du beurre ?

1218. Idana : non.

1219. L'enseignante : et la farine ?

1220. Les enfants : non.

1221. L'enseignante : non, pourquoi ?

1222. Saïd : parce que ça a pas marché.

1223. L'enseignante : très bien ça n'a pas marché du tout avec la farine. Il fallait la mettre où la farine ?

1224. Mégane : dans l'autre.

1225. L'enseignante : dans l'autre. Dans les ingrédients qui ne servent pas à fabriquer du beurre.

1226. Lucie : le batteur il est dans celui qui est barré normalement il devrait y être.

1227. L'enseignante : très bien Lucie, c'est vrai que le batteur ça peut nous servir à faire du beurre. Donc il fallait plutôt le mettre dans ce rond là.

1228. Un enfant : il y avait plus de place.

1229. L'enseignante : ah non ça ce n'est pas une histoire de place, elle avait de la place.

1230. Chercheur : regarde, elle a mis l'huile et elle a aussi mis des œufs. Avec les œufs on fait du beurre ?

1231. Jacqueline : non ce n'est pas bien, Mégane elle a fait mais ce n'était pas bon.

1232. L'enseignante : oui tu te rappelles Jacqueline ?

1233. Angel on devait boucher son nez.

1234. L'enseignante : bon, là on a à peu près fait le tour. Ah non il nous reste quelque chose. La casserole, qui pense que la casserole ça ne nous a pas servi à faire le beurre ? Saïd, tu m'expliques pourquoi.

1235. Saïd : parce que on n'a pas encore essayé l'expérience de Louis.

1236. Les enfants : si il n'a pas vu.

1237. L'enseignante : alors qui dit si ? Idana, on a fait l'expérience de Louis, on a cuit ?

1238. Idana : oui.

1239. L'enseignante : on a cuit quoi ?

1240. Idana : la casserole.

1241. L'enseignante : dans la casserole il y avait quoi ?

1242. Idana : du lait.

1243.L'enseignante : alors tu dis à Saïd. Saïd tu étais absent ce jour là ? tu étais là. On a ramené la plaque, on a regardé que quand on faisait cuire le lait, on obtenait de la crème.

1244.Chercheur : donc on peut dire qu'on peut l'accepter.

1245.L'enseignante : oui. On peut accepter la casserole parce que c'est vrai que ça nous a servi, à partir du lait, de faire de la crème.

1246.Un enfant : je n'ai pas de casserole dans mon truc.

1247.L'enseignante : ce n'est pas grave, ce n'est pas faux non plus.

Et bien ils ont plutôt bien travaillé.

1248.Chercheur : Oh oui. Ils méritent de s'applaudir très fort, Karine. Tu peux être fière de tes enfants parce qu'ils ont très bien travaillé.

Maintenant, il faut que je vous dise que c'est la dernière fois que l'on se voit. Parce que on a réussi à faire du beurre, maintenant vous avez appris toutes les choses dont vous avez besoin pour faire du beurre, donc c'est la dernière fois que je viens dans la classe, mais je reviendrais pour vous voir chacun, tout seul, pour qu'il m'explique plein de choses concernant le beurre. Je vous fais un gros bisou comme ça à tous et merci d'avoir aussi bien travaillé.

1249.Angel : moi dans mon travail je n'ai pas mis la crème parce qu'avec la blanche on n'a pas fait du beurre.

1250.L'enseignante : attendez, il n'a pas tort, avec la crème qui était toute blanche à 15% est-ce qu'on a réussi à faire du beurre ?

1251.Les enfants : non.

1252.Chercheur : et pourquoi on n'a pas réussi Angel ?

1253.Angel parce que là ce n'est pas bon.

1254.L'enseignante : oui mais Angel, après on a réussi à faire du beurre ? Avec quoi ?

1255.Angel : avec la crème avec beaucoup de matière grasse.

1256.L'enseignante : oui mais c'était quoi cette chose avec beaucoup de matière grasse ?

1257.Angel : c'était pour fabriquer du beurre.

1258.L'enseignante : oui. mais avec quoi on a fabriqué le beurre ?

1259. Chercheur : je crois qu'Angel a raison, j'aurais du mettre deux figures de crème fraîche, une blanche et une d'une couleur plus foncée. Il a tout à fait raison, et moi je veux que tout le monde applaudisse Angel parce qu'il a découvert quelque chose de très intéressant. Merci Angel.

Bon je vais vous laisser donc après ça, c'est vraiment magnifique, Angel merci encore parce que tu as découvert quelque chose de très important.

. Annexe III : Publications, présentation et vulgarisation de la recherche

Cette recherche a eu un accueil favorable dans la communauté scientifique, elle a fait l'objet de sept publications, huit présentations dans différents colloques et journées d'étude puis neuf présentations dans le cadre d'animations pédagogiques et stages dans la formation continue des enseignants.

Publications

Resta-Schweitzer, M. & Villeret, O. (à paraître). « L'évolution des conceptions des enfants sur le monde physique. Proposition théorique et méthodologique issues d'une étude concernant le phénomène de la formation des ombres ». Sixièmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST. http://ardist.aix-mrs.iufm.fr/wp-content/textes%20communications/29_Resta-Schweitzer%20M

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2009). Initiation scientifique et développement de l'enfant d'âge préscolaire. *Les dossiers de Sciences de l'Education*, 21, 101-113.

Weil-Barais, A. & Resta-Schweitzer, M. (2008). Approche cognitive et développementale de la médiation en contexte d'enseignement – apprentissage. *Nouvelle Revue AIS*, 42, 83-98.

Resta-Schweitzer, M., & Weil-Barais, A., (2007). « Comment accompagner des enseignants de l'Ecole Maternelle pour qu'ils prennent en charge des séquences d'activités innovantes » Actes du Colloque National ASTEP 2007 : L'élève, le maître et le scientifique : science et technologie en partage. L'accompagnement en sciences et technologie à l'École Primaire. Nantes : Ecole des Mines. <http://astep2007.emn.fr/spip.php?article95>

Resta-Schweitzer, M., & Weil-Barais, A., (2007). Éducation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(1), 63-82. <http://www.doaj.org/doi?func=openurl&genre=article&issn=1791261X&date=2007&volume=1&issue=1&spage=63>

Resta-Schweitzer, M & Weil-Barais, A. (2006)). "Initiation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant ". In *8ème Biennale internationale de l'Education et la Formation, Débats sur les recherches et les innovations*, p.306. INRP.

Resta-Schweitzer, M & Weil-Barais, A. (2006). "Initiation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant ". Actes de la *8ème Biennale internationale de l'Education et la Formation*, Lyon. <http://www.inrp.fr/biennale/8biennale/contrib/affich.php?&num=165>

Colloques et journées d'étude

Resta-Schweitzer, M. & Villeret, O. (2009). « L'évolution des conceptions des enfants sur le monde physique. Proposition théorique et méthodologique issues d'une étude concernant le phénomène de la formation des ombres ». Sixièmes Rencontres Scientifiques de l'ARDiST, communication orale, 14 au 16 octobre 2009, Nantes.

Resta-Schweitzer, M. (2008). Apprendre à apprendre : *le cas du phénomène physique de la formation des ombres*. Conférence proposée par l'AGEEM 92 dans le cadre de la journée académique, 19 mars, École Maternelle Fronval, Velizy.

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2007). « Comment accompagner des enseignants de l'Ecole Maternelle pour qu'ils prennent en charge des séquences d'activités innovantes » Colloque National ASTEP 2007 : L'élève, le maître et le scientifique : science et technologie en partage. L'accompagnement en sciences et technologie à l'École Primaire à l'Ecole des Mines de Nantes, communication orale, les 5 et 6 décembre, Nantes.

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2007). « Effets des pratiques pédagogiques dans des contextes d'enseignement des sciences, sur le développement intellectuel du jeune enfant » Colloque « L'évaluation des apprentissages : articulation entre recherche en psychologie cognitive et pratiques enseignantes » à l'Université de Rouen, communication orale, les 28, 29 et 30 novembre, Rouen.

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2007). « *Initiation scientifique et développement intellectuel de l'enfant à l'âge pré-scolaire* ». Colloque international « Vygotski et les recherches en éducation et en didactiques des disciplines au Centre Universitaire J.F.Champollion, communication orale, les 23 et 24 avril, Albi.

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2007). *Initiation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant, des pistes au plan de la recherche et des pratiques scolaires.* Colloque international « Les effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages des élèves » à l'IUFM de Franche-Comté, communication orale, les 14 et 15 mars, Besançon.

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2006) *Caractérisation des conceptions et leur évolution dans des contextes d'enseignement des sciences.* Journée thématique sur les conceptions naïves, Maison de Sciences de l'Homme, communication orale, le 15 décembre, Paris.

Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2006). *Education scientifique et développement intellectuel du jeune enfant.* 8ème Biennale internationale de l'Education et la Formation, communication orale et affichée, 12-14 avril, Lyon.

Conférences dans le cadre d'animations pédagogiques et stages dans la formation continue des enseignants

Resta-Schweitzer, M. & Villeret, O. (2009). *Les sciences à l'école.* Animation pédagogique IUFM Pays de la Loire, 12 mars, Angers.

Resta-Schweitzer, M. (2008). *Les sciences à l'école.* Animation pédagogique dans le cadre du stage filé, module « découverte du monde », (formation continue) Inspection Education Nationale (Châtillon), 7 avril, IEN, Châtillon.

Resta-Schweitzer, M. (2008). *Les sciences à l'école*. Conférence dans le cadre du stage filé, module « découverte du monde » (formation continue), Inspection Education Nationale (St Cloud), 12 février, CDDP 92, Boulogne.

Resta-Schweitzer, M. (2007). *Les sciences à l'école*. Animation pédagogique dans le cadre du stage filé, module « découverte du monde » (formation continue), Inspection Education Nationale (Châtillon), 10 décembre, IEN, Châtillon.

Resta-Schweitzer, M. (2007). *Les sciences à l'école*. Animation pédagogique dans le cadre du stage filé, module « découverte du monde » (formation continue), Inspection Education Nationale (Châtillon), 19 novembre, IEN, Châtillon.

Resta-Schweitzer, M. (2007). « Effets des pratiques pédagogiques dans des contextes d'enseignement des sciences sur le développement intellectuel du jeune enfant » Rencontre entre la recherche expérimentale en psychologie et les pratiques scolaires (Conférence 1) et « Le langage graphique, artefact culture et instrument médiateur de la pensée ». (Conférence 2). Conférences proposée par l'AGEEM 92, 4 avril, CDDP 92, Boulogne.

Resta-Schweitzer, M. (2006). « *Initiation scientifique, développement intellectuel du jeune enfant et pratiques pédagogiques* ». Animation pédagogique, 26 avril, 1 février, 7 décembre, IUFM, Antony.

Resta-Schweitzer, M. (2006). « *Initiation scientifique, développement intellectuel du jeune enfant et pratiques pédagogiques* ». Animation pédagogique, 1^{er} février, IUFM, Antony.

Resta-Schweitzer, M. (2005). « *Initiation scientifique, développement intellectuel du jeune enfant et pratiques pédagogiques* ». Animation pédagogique, 7 décembre, IUFM, Antony

Mémoire de CAFIPEMF dans lequel notre cadre théorique et méthodologique a été repris.

Mazenq, C. (2009). *A la découverte de la vie végétale. Comment amener les élèves à construire le processus de germination en Grande Section*. Mémoire de CAFIPEMF. Ecole Maternelle Gay Lussac, Chatillon, Inspection Académique Hauts de Seine.

. Annexe IV : Fiche outil 3C- E (Construction de Connaissances Conceptuelles - enfant) dans le cadre du programme OUFOREP (outils pour la formation et l'éducation)

Titre de l'outil

3C- E (Construction de Connaissances Conceptuelles - enfant)

Auteurs :

Marcela Resta-Schweitzer

Olivier Villeret

Annick Weil-Barais

Fonction

Evaluer le niveau de conceptualisation du monde physique par les enfants.

Particularités

Outil nouveau, adapté aux jeunes enfants à cause de la familiarité du sujet abordé (la formation des ombres) et des registres de réponse sollicités (verbal, graphique, pratique) Mobilisant des registres de réponse différents, il peut être utilisé auprès de populations d'enfants très diversifiées. Il permet d'apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité du développement conceptuel et de situer les enfants par rapport à leur groupe de référence.

L'outil a été conçu à des fins d'évaluation du développement conceptuel des enfants mais il peut être utilisé également pour s'informer du développement normal des enfants et avoir une idée de la diversité possible de leurs réponses, avant toute intervention éducative spécifique.

Professionnels concernés

Enseignants de l'école maternelle et de l'école primaire

Psychologues scolaires

Population concernée

Enfants âgés de 3 à 11 ans

Durée de l'épreuve

Temps non limité (peut aller de 10 à 30 minutes)

Condition de passation

Entretien individuel en face à face, enregistrement audio de l'entretien.

Matériel

Mis à la disposition de l'enfant :

Une feuille de papier blanc, des crayons (noir et couleur), une lampe, une figurine, un dessin représentant une silhouette coloriée en noire de forme isomorphe à la figurine



Pour la cotation :

Grilles d'analyse et corpus d'exemples correspondant à chaque niveau de production (sur cédérom).

Déroulement

3 phases correspondant à trois tâches :

- expliquer la formation de l'ombre d'un personnage
- se dessiner avec son ombre et tout ce qui est nécessaire pour qu'elle se forme
- disposer les objets (lampe, figurine, forme noire représentant l'ombre) de telle sorte que l'ombre puisse se former à l'emplacement de la forme noire.



Cotation

Chaque production (explication verbale, dessin, montage) fait l'objet d'une catégorisation selon une grille d'analyse qui distingue quatre niveaux (0. tâche incomprise, 1. explication intraobjectale, 2. explication quasi-interobjectale, 3. explication interobjectale)



Mesure des décalages en comparant les niveaux atteints dans chacun des registres de production.

Exemples :

L'explication verbale confirme un problème de projection en 2 et 3 D, dû à une conception erronée de la formation du phénomène (niveau 2)

Jus (9 ;4) CM1		
Modalité graphique (Dessin)	Modalité pragmatique (Montage)	Modalité verbale (Explication)
		<p>Besoin de lumière – de moi. La lumière allume l'ombre.</p>

Quand le langage atteste qu'un montage en 3 D peut conduire à sous évaluer un enfant (niveau 3)

Ale (10 ;9) CM2		
Modalité graphique (Dessin)	Modalité pragmatique (Montage)	Modalité verbale (Explication)
		<p>Il faut du soleil. Il faut que le soleil soit en face de nous et ça fait l'ombre derrière parce l'on cache le soleil.</p> <p>Pourquoi tu n'as pas pris la lumière ? J'ai pensé que la lumière est dans la pièce.</p>

Références théoriques

Piaget & Garcia, Vergnaud.

Piaget, J., & Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris: Flammarion.

Piaget, J., & Garcia, R. (1998). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Madrid : Siglo XXI.

Vergnaud, G. (1987). Les fonctions de symbolisation dans la formation des connaissances de l'enfant. In J. Piaget, P. Mounard, J-P. Bronckart (Eds.). *Psychologie. Encyclopédie de la Pléiade* (pp. 821-844). Paris: Gallimard.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactiques de mathématiques*, 10 (2-3), 133-170.

Vergnaud, G. (1991). Morphismes fondamentaux Dans les processus de conceptualisation. In G. Vergnaud (éd.). *Les sciences cognitives en débat* (pp. 15-28). Paris: Editions du CNRS.

Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In Barbier, J.M. (dir), *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris: PUF.

Vergnaud, G. (2000). *Lev Vygotski, pédagogue et penseur de notre temps*. Paris: Hachette Education.

Vergnaud, G. (2007). Héritages. In: K. Merri, M. (Coord), *Activité humaine et conceptualisation*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse, pp. 27- 37.

Vergnaud, G. (coord.) (1994), *Apprentissages et didactiques: où en est-on?* Paris: Hachette Education.

Données statistiques

Obtenues sur un échantillon de 285 enfants âgés de 3 à 11 ans scolarisés dans des écoles publiques, répartis par niveau scolaire (Ecole Maternelle : PSM jusqu'à la GSM n= 90 enfants sur deux modalités : verbale (V) et graphique (G) ; École Primaire : CP jusqu'au CM2, n= 195 sur trois modalités d'expression : verbale (V), graphique (G) et pragmatique (P).

Etat d'avancement de la construction de l'outil et qualités

Prototype construit et utilisé dans le cadre d'une recherche portant sur l'incidence d'un enseignement scientifique à l'école maternelle et le développement conceptuel de l'enfant.

Les données empiriques obtenues confirment la validité conceptuelle de l'outil.

Outil discriminant.

Aucune indication sur la fidélité de la mesure.

Diffusion

Gracieuse, pour toute personne qui s'engage à communiquer les résultats aux auteurs

Perspectives

Poursuite des études pour contrôler les qualités métrologiques de l'outil.

Mise au point d'une fiche de cotation qui permettrait de ne pas avoir recours à un enregistrement audio.

Étude de l'usage de l'outil par des enseignants.

Résumé

L'enjeu de la thèse est de cerner l'incidence d'une éducation scientifique précoce sur le développement intellectuel des jeunes enfants. Elle s'appuie sur une conception du développement qui s'inspire à la fois d'un modèle proposé par Piaget et Garcia (1983) qui explicite les transformations des modes d'explication du monde au cours de la psycho-genèse et de la conception vygotkienne mettant en avant l'importance des médiations culturelles et notamment de la tutelle pédagogique. La démarche consiste à comparer les explications verbales et les productions graphiques d'enfants en Grande Section de Maternelle avant et après une séquence d'enseignement conçue à titre expérimental. Elle concerne des phénomènes scientifiques accessibles aux enfants (la formation des ombres et la fabrication du beurre). Afin de pouvoir rendre compte des progrès observés, ceux-ci sont mis en relation avec les processus de médiation à l'œuvre lors de la séquence d'enseignement. Les productions des enfants du groupe expérimental sont comparées à celles d'enfants âgés de 3 à 10 ans. La thèse aboutit à l'élaboration de deux référentiels développementaux concernant les explications scientifiques produites par les jeunes enfants et tente d'apporter des connaissances sur les déterminants éducatifs (stratégies pédagogiques, médiation, tutelle...) des progrès intellectuels.

Abstract

This thesis aims to determine the incidence of an early scientific education on the intellectual development of the young children. It is based on a conceptualization of the development, which is inspired at the same time by a model suggested by Piaget and Garcia (1983), clarifying the transformations of the modes of explanation of the world during the psycho-genesis, and by the vygotkian conception emphasizing the importance of the cultural mediations and in particular of the teaching supervision. The approach consists in comparing the verbal explanations and the graphic productions of children in kindergarten, interviewed before and after their exposition to an experimentally designed teaching session.

The content relates to scientific phenomena accessible to children's understanding (shadows formation and butter manufacturing). In order to explain children's progress, they are analyzed in relation with the processes of mediation, used during the teaching session. The productions of the children of the

experimental group (5 years old children) are compared with those of a group of children aged from 3 to 10 years old. The results obtained conduct to the elaboration of two reference developmental grids, based on the scientific explanations obtained from the analysis of young children's verbal and graphic production and attempts to draw some light into the knowledge on the main educational determinants (educational strategies, mediation, supervision) of the intellectual progress.

Key words: cognitive development, conceptual change, learning, children, shadows.

Psychologie, Sciences de l'Homme et des Humanités

Mot-clés : développement cognitif, changement conceptuel, apprentissage, enfants, ombres.

Laboratoire de Psychologie « Processus de pensée et Interventions»

UFR Lettres, Langues et Sciences Humaines

MSH, 5 bis Bd Lavoisier

49045 ANGERS Cedex 01

