



MEMOIRE présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

Par

LACOMBE Laurence
PAYOT Marie

MISE EN EVIDENCE
DE NIVEAUX DE RAISONNEMENT
A UNE EPREUVE DE PARTIES D'ENSEMBLE
CHEZ DES ENFANTS DE 7 A 11 ANS

Maître de Mémoire

PICARD-GALLET Armelle

Membres du Jury

CHOSSON Christine
GAUTHIER Corine
OLLAGNON Pascale

Date de Soutenance
2 juillet 2009

**Laurence LACOMBE
Marie PAYOT**

**MISE EN PLACE DE NIVEAUX DE RAISONNEMENT A UNE EPREUVE DE
PARTIES D'ENSEMBLE CHEZ DES ENFANTS DE 7 A 11 ANS**

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2009

N°1493

ERRATUM

Au lieu de « *Au stade sensori-moteur, la pensée est dite figurative.* » page 13

Lire « *Au stade sensori-moteur, la pensée est dite pratique.* »

Au lieu de « *A la période pré-opératoire ou symbolique, la pensée est d'abord dite égocentrique.* » page 14

Lire « *A la période pré-opératoire ou symbolique, la pensée est dite figurative.* »

ORGANIGRAMMES

1. Université Claude Bernard Lyon1

Président
Pr. COLLET Lionel

Vice-président CEVU
Pr. SIMON Daniel

Vice-président CA
Pr. ANNAT Guy

Vice-président CS
Pr. MORNEX Jean-François

Secrétaire Général
M. GAY Gilles

1.1. Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Grange
Blanche
Directeur
Pr. MARTIN Xavier

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. ROBIN Olivier

U.F.R de Médecine Lyon R.T.H.
Laennec
Directeur
Pr. COCHAT Pierre

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr. LOCHER François

U.F.R de Médecine Lyon-Nord
Directeur
Pr. ETIENNE Jérôme

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr. MATILLON Yves

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Directeur
Pr. GILLY François Noël

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directeur
Pr. FARGE Pierre

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (C.C.E.M.)
Pr. GILLY François Noël

1.2. Secteur Sciences :

U.F.R. de Biologie
Directeur
Pr. PINON Hubert

U.F.R. de Mathématiques
Directeur
Pr. GOLDMAN André

U.F.R. de Chimie et Biochimie
Directeur
Pr. PARROT Hélène

U.F.R. de Physique
Directeur
Mme FLECK Sonia

U.F.R. des Sciences de la Terre
Directeur
Pr. HANTZPERGUE Pierre

Centre de Recherche Astronomique de
Lyon - Observatoire de Lyon
Directeur
M. GUIDERDONI Bruno

1.3. Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. Des Sciences et
Techniques des Activités
Physiques et Sportives
(S.T.A.P.S.)
Directeur
Pr. COLLIGNON Claude

U.F.R. de Mécanique
Directeur
Pr. BEN HADID Hamda

U.F.R. d'informatique
Directeur
Pr. AKKOUCHE Samir

Institut des Sciences Financières et
d'Assurance (I.S.F.A.)
Directeur
Pr. AUGROS Jean-Claude

IUFM
Directeur
M. BERNARD Régis

U.F.R. de Génie Electrique et des
Procédés
Directeur
Pr. CLERC Guy

I.U.T. A
Directeur
Pr. COULET Christian

Institut des Sciences et des
Techniques de l'Ingénieur de Lyon
(I.S.T.I.L.)
Directeur
Pr. LIETO Joseph

I.U.T. B
Directeur
Pr. LAMARTINE Roger

2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation

FORMATION ORTHOPHONIE

Directeur ISTR
Pr. MATILLON Yves

Directeur de la formation
Pr. TRUY Eric

Directeur des études
BO Agnès

Directeur de la recherche
Dr. WITKO Agnès

Responsables de la formation clinique
PERDRIX Renaud
GUILLON Fanny

Chargée du concours d'entrée
PEILLON Anne

Secrétariat de direction et de scolarité
BADIOU Stéphanie
CLERC Denise
MASSONI Caroline

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement toutes les personnes qui ont participé à ce travail :

Mme Picard-Gallet, notre maître de mémoire, à l'initiative de ce projet

M. Bak, psychologue cognitiviste, pour sa disponibilité et tout l'intérêt qu'il a porté à notre mémoire, ainsi que pour nous avoir guidés dans notre recherche

Mme Ollagnon et Mme Gauthier, pour leur lecture attentive, leurs corrections constructives et leur disponibilité

Mme Witko, responsable des mémoires, pour son encadrement, son efficacité et son soutien.

Nous remercions également pour leur participation tous les enfants que nous avons rencontrés, ainsi que leurs parents, les équipes enseignantes et les directeurs des écoles qui nous ont ouvert leurs portes. Sans eux, ce mémoire n'aurait pu voir le jour.

Un grand merci à Clément, pour sa participation artistique, et François, pour ses nombreuses relectures et sa rigueur.

Enfin, nous remercions chaleureusement nos familles et nos amis pour nous avoir soutenues, épaulées et avoir cru en nous tout au long de ce parcours.

SOMMAIRE

ORGANIGRAMMES	2
REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	6
INTRODUCTION	8
PARTIE THEORIQUE	9
I. Approche piagétienne du développement de la pensée.....	10
II. Raisonnement opératoire formel et logique combinatoire	15
III. Autres points de vue sur le développement cognitif	20
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	22
PARTIE EXPERIMENTALE	24
I. Population	25
II. Conditions d'expérimentation.....	26
III. Méthode expérimentale.....	26
IV. Protocole expérimental	28
V. Outils d'analyse des résultats.....	33
PRESENTATION DES RESULTATS	36
I. Répartition de la population	37
II. Analyse quantitative des résultats obtenus à l'épreuve des parties d'ensemble.....	39
III. Analyse qualitative des résultats	47
DISCUSSION DES RESULTATS	52
I. Analyse des résultats.....	53
II. Validation des hypothèses.....	64
III. Apports de notre travail.....	66
IV. Limites et perspectives de recherche.....	67
CONCLUSION	69
BIBLIOGRAPHIE	70

SOMMAIRE

ANNEXES.....	73
Annexe I : Matériel destiné à l'enfant pour l'épreuve des parties d'ensemble.....	74
Annexe II : Matériel destiné à l'examineur pour l'épreuve des parties d'ensemble.....	76
Annexe III : Tableaux des données brutes en fonction du niveau scolaire.....	78
Annexe IV : Tableaux des données brutes en fonction du niveau de raisonnement aux permutations	82
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	87
TABLE DES MATIERES	88

INTRODUCTION

La prise en charge de troubles logico-mathématiques fait partie des compétences de l'orthophoniste. Parmi les formations proposées dans ce domaine, celle du GEPALM (Groupe d'Etude sur la Psychopathologie des Activités Logico-Mathématiques), créé par Jaulin-Mannoni, pionnière en la matière, est spécialisée dans l'aide au développement des opérations mentales (Meljac, 2005). Fortement influencé par les travaux de Piaget, le GEPALM s'intéresse aux fondements et au rôle de la logique. Il propose de nombreuses activités qui visent à développer la capacité à raisonner et réfléchir, favoriser la mobilité de la pensée et permettre l'accès aux notions de numération, de nombre et de mesure.

Dans la théorie piagétienne, la pensée la plus souple est la pensée formelle, finalité du développement intellectuel. Grâce à cette pensée, l'adolescent ou l'adulte peut envisager plusieurs points de vue, anticiper, réfléchir à partir d'énoncés verbaux.

Cette mobilité de pensée est en lien avec la combinatoire qui comprend les opérations de combinaison, permutation et arrangement. Mais c'est à travers l'épreuve des permutations que Piaget (1955) a pu rendre compte de la genèse de la pensée formelle, en y dégageant dès le plus jeune âge des niveaux de raisonnement.

Pour Gibello (1986), la combinatoire comprend également l'opération de parties d'ensemble, qui diffère des autres opérations par les notions de « tout » et « parties » qu'elle implique. Ces notions étant indispensables dans la compréhension des opérations additive et soustractive, les orthophonistes formées au GEPALM sont amenées à proposer des activités de parties d'ensemble en rééducation logico-mathématiques (Causse-Mergui, 2000). Il nous semble donc intéressant d'étudier plus en détail cette opération.

Supposant qu'une activité de parties d'ensemble demande une organisation de pensée différente de celle de permutations, nous nous interrogeons sur la façon dont l'enfant procède pour parvenir à découvrir toutes les possibilités à une épreuve de parties d'ensemble.

Nous tournant naturellement vers le courant de la psychologie génétique, nous envisageons de nous appuyer sur les stades de raisonnement décrits par Piaget aux permutations pour mettre en évidence des niveaux de raisonnement à une épreuve de parties d'ensemble. Pour notre recherche, nous nous consacrerons à l'évolution des stratégies de raisonnement à cette épreuve chez des enfants de CE1, CE2, CM1 et CM2.

Nous exposerons d'abord le cadre théorique dans lequel se situe notre travail, puis développerons les questions auxquelles nous tentons de répondre. Nous présenterons ensuite notre protocole de recherche. Les résultats obtenus seront analysés et discutés dans un dernier temps.

Chapitre I
PARTIE THEORIQUE

I. Approche piagétienne du développement de la pensée

1. Une vue d'ensemble de la théorie

1.1. Objet d'étude

« L'objectif de Jean Piaget est de répondre à la question de l'accroissement des connaissances, c'est-à-dire comment l'être humain est passé d'une forme peu élaborée de connaissances à des formes beaucoup plus complexes » (Laval, 2002, p.9). Il étudie ainsi la genèse des processus intellectuels, dans et par l'interaction entre un sujet et un objet.

Pour Piaget, quatre facteurs généraux sont responsables du développement mental :

- la maturation du système nerveux,
- l'exercice ou l'expérience acquise dans l'action,
- les interactions et les transmissions sociales,
- l'équilibration.

S'il reconnaît l'influence de chacun de ces facteurs, il accorde une importance plus particulière à l'équilibration : facteur central du développement, elle assure la coordination des trois autres (Dolle, 1999 ; Piaget & Inhelder, 1998 ; Tran-Thong, 1992). Les composantes biologiques, sociales et affectives sont peu exploitées, Piaget s'intéressant plus à la structure et au fonctionnement de la pensée qu'à son contenu individuel (Chalon-Blanc, 1997).

1.2. Epistémologie

Selon Piaget (1979), l'intelligence se construit de manière identique chez tous les êtres humains, ce qui le conduit à décrire un sujet épistémique ou sujet de référence : en naissant, tous les individus auraient les mêmes compétences et pourraient développer un certain nombre de performances.

C'est le développement intellectuel dans sa généralité, et non sa particularité, qui intéresse l'épistémologue : son objectif est de mettre en évidence les mécanismes de pensée communs à tous les sujets individuels (Piaget, 1968). A partir de nombreux entretiens avec les enfants, il s'est ainsi penché plus sur les aspects qualitatifs du développement des connaissances que quantitatifs (Laval, 2002 ; Longeot, 1969).

1.3. Constructivisme et structuralisme

La théorie de Piaget est qualifiée de constructiviste et structuraliste. Au cours de leurs expériences avec l'environnement, les individus construisent ainsi des structures de pensée dont chacune se définit comme « *un ensemble d'acquisitions organisé et détermine toutes les applications qu'elle recouvre* » (Laval, 2002, p.14).

Ces structures d'ensemble ne se substituent pas les unes aux autres : chacune résulte d'un ensemble d'acquisitions antérieures, intégrées et réorganisées à un niveau supérieur, et prépare les acquisitions futures (Piaget & Inhelder, 1998). Guidetti (2002) parle de vision hiérarchique du développement cognitif.

2. Les processus de développement

2.1. Assimilation, accommodation et adaptation

La théorie piagétienne considère l'intelligence comme une forme d'adaptation au monde réel. Cette adaptation, signe d'équilibre entre le milieu et le sujet, est permise par deux mécanismes complémentaires : l'assimilation et l'accommodation.

La conduite d'assimilation pousse le sujet à intégrer les informations qu'il reçoit du milieu au mode de pensée dont il dispose (Dolle, 1999 ; Siegler, 2001). Elle lui permet de se former une représentation de ses expériences par rapport à ses connaissances actuelles.

L'accommodation est le processus inverse de l'assimilation (Brin, Courrier, Lederlé, & Masy, 1997). Ce mécanisme modifie l'organisation de la pensée du sujet en fonction des modifications du milieu, afin de lui permettre de s'adapter aux exigences de la situation présente.

Accommodation et assimilation sont deux processus actifs par lesquels l'esprit se transforme et est transformé. Indissociables, ils interagissent constamment : leur équilibre permet l'adaptation, qui conditionne le développement de l'intelligence (Dolle, 1999).

2.2. Equilibration

L'équilibration est le facteur développemental invoqué par Piaget et Inhelder (1998) pour réguler les mécanismes d'assimilation et d'accommodation. Elle est le processus par lequel l'individu intègre ses nombreuses connaissances du monde en un tout unifié.

Piaget distingue trois phases dans l'équilibration, quelle que soit la période de vie où elle se produit (Siegler, 2001) :

- une première phase d'équilibre au cours de laquelle le sujet se satisfait de son mode de pensée et procède par assimilation.
- une phase de déséquilibre au cours de laquelle la satisfaction première du sujet est perturbée par la prise de conscience des défauts de sa pensée, induisant un conflit cognitif.
- une nouvelle phase d'équilibre, plus stable que la première, au cours de laquelle le sujet adopte un mode de pensée plus complexe qui élimine les défauts du mode de pensée précédent, grâce à l'intervention du mécanisme d'accommodation.

Ainsi, tout équilibre est engendré par un état de déséquilibre : l'équilibre n'est pas un état statique, mais une situation dynamique (Voizot, 1973). De plus en plus stable entre le système cognitif de l'enfant et le monde extérieur, il permet au modèle que l'enfant se fait du monde de devenir de plus en plus proche de la réalité (Siegler, 2001).

2.3. Schèmes d'action

Selon le Dictionnaire d'orthophonie (Brin, Courier, Lederlé, & Masy, 1997), un schème se définit comme « *un ensemble organisé de mouvements ou d'opérations* » de même caractère. En tant que structure d'action, il « *se caractérise plus particulièrement par le fait qu'il se conserve au cours de ses répétitions, qu'il se consolide par l'exercice et qu'il tend à se généraliser au contact du milieu* » (Legendre-Bergeron, 1980, p.191). Un schème n'est cependant pas une simple procédure qui peut être généralisée à toutes les situations sans nuance : il est adaptable selon le contexte et tend à un but de fonctionnalité (Bastien, 1987).

Le rôle des schèmes d'action est ainsi essentiel dans la théorie piagétienne. Grâce au mécanisme d'assimilation, une situation ou un objet peut être intégré à un schème ou un ensemble de schèmes coordonnés, qui devient inefficace ou inadapté dans un certain contexte. Le mécanisme d'accommodation alors activé participe, au fil des interactions avec le milieu, à la différenciation de plus en plus fine des schèmes d'action, à leur adaptation de plus en plus efficace aux divers contextes rencontrés, et à la création de nouveaux schèmes (Dolle, 1999).

3. Les stades de développement

3.1. Définition

Piaget envisage le développement intellectuel en termes de stades. Ce concept implique :

- des changements qualitatifs de la pensée entre les stades,
- un raisonnement identique face à différents problèmes pour chaque stade.

Chaque stade est caractérisé par une organisation mentale et comporte un niveau de préparation et un niveau d'achèvement : les structures de pensée ne se modifient pas brutalement, mais progressivement, tendant peu à peu vers une nouvelle solidité (Voizot, 1973). Chaque nouvelle structure de pensée intègre et réorganise à un niveau supérieur la précédente, préparant la suivante. Le développement intellectuel est ainsi conçu comme l'organisation progressive et continue d'un fonctionnement mental, à terme le plus souple possible (Piaget, 1964 ; Voizot, 1973).

Piaget distingue trois stades principaux dans le développement cognitif : le stade sensori-moteur, le stade des opérations concrètes et le stade des opérations formelles. Il a en outre introduit une période importante avant le stade des opérations concrètes : la période pré-opératoire (Dolle, 1999 ; Tran-Thong, 1992).

Tous les enfants progressent donc à travers quatre stades, toujours parcourus dans le même ordre, et franchis successivement sans retour en arrière possible.

3.2. Stade sensori-moteur : de 0 à 2 ans

Au cours de ce stade, l'enfant découvre le réel, l'organise et apprend à le maîtriser par l'action. L'intelligence sensori-motrice qui caractérise cette période est essentiellement pratique : elle tend à des réussites et non à l'énonciation de vérités (Piaget & Inhelder, 1998).

Pour Piaget, les actions sensori-motrices s'effectuent selon une logique qui leur est propre. Elles s'organisent ainsi en structures d'ensemble qui obéissent au groupement des déplacements pratiques (Dolle, 1999).

Au stade sensori-moteur, la pensée est dite pratique. Parce que l'enfant ne prend en compte que ce qu'il perçoit dans l'instant, la réalité s'offre à lui comme une succession d'états, sans transformation ni lien entre eux (Dolle & Bellano, 1989).

3.3. Stade pré-opératoire : de 2 à 7 ans

Au cours de cette période, l'enfant reconstruit sur le plan de la représentation tout ce qu'il a acquis sur le plan de l'action, grâce à l'émergence de la fonction symbolique qui peut prendre la forme du langage, de l'image mentale, de l'imitation différée, du dessin ou bien encore du jeu symbolique. L'intelligence représentative qui caractérise cette période permet progressivement de voir mentalement, et en leur absence, les objets et événements évoqués (Dolle, 1999 ; Piaget & Inhelder, 1998).

A la période pré-opératoire ou symbolique, la pensée est d'abord dite figurative. Elle est dominée par des images mentales qui enferment l'enfant en lui-même et ne lui permettent pas de prendre en compte d'autres points de vue que le sien (Dolle, 1999). Elle évolue toutefois entre 5 et 7 ans vers une forme intuitive. Adaptée aux autres et au réel, mais encore soumise à la perception, cette pensée prépare la pensée logique opératoire (Piaget, 1964).

3.4. Stade des opérations concrètes : de 7/8 à 11/12 ans

Au cours de ce stade, l'enfant peut envisager d'autres points de vue que le sien et par la suite les coordonner entre eux, grâce à l'émergence de la logique : *« les notions et les relations ne peuvent plus se construire isolément, mais constituent d'emblée des organisations d'ensemble dans lesquels tous les éléments sont solidaires et s'équilibrent entre eux »* (Piaget, 1964, p.68).

La mise en place des structures infralogiques de conservation et des structures logico-mathématiques de classes, de relations et de nombre, qui appartiennent toutes au groupement des opérations concrètes, devient possible.

Au stade des opérations concrètes, la pensée est dite opératoire. Elle est réversible et repose sur des invariants (Dolle, 1999). La réversibilité logique est témoin d'un équilibre permanent entre l'assimilation des choses par l'esprit et l'accommodation de l'esprit aux choses. Elle permet une décentration de la pensée et une capacité, relative à un invariant, à annuler mentalement les transformations perçues. La pensée opératoire est ainsi plus mobile et dynamique : l'enfant peut dès lors décrire et expliquer, à la condition de manipuler ou de se référer à une situation concrète (Dolle, 1999).

Cependant, en situation expérimentale, l'enfant n'a pas encore conscience des systèmes qu'il met en place pour résoudre des problèmes. Il ne les « réfléchit » pas. Seul l'observateur extérieur parvient à les dégager. Selon Piaget (1964), au stade des opérations concrètes, si la pensée s'éloigne du réel, c'est parce qu'elle remplace les objets absents par leur représentation plus ou moins vive. Mais cette représentation s'accompagne de croyances et équivaut au réel. Face à de simples hypothèses ou un énoncé purement verbal de problèmes, les enfants se trouvent aussitôt incapables de raisonner et retombent dans l'intuition pré-logique des plus jeunes.

3.5. Stade des opérations formelles : de 11/12 à 14/15 ans

Au cours de ce stade, l'adolescent parvient à raisonner dans l'abstrait, prendre en compte plusieurs facteurs à la fois et envisager plusieurs points de vue différents. L'intelligence opératoire formelle qui caractérise cette période subordonne le réel au possible : la déduction logique ne s'effectue plus sur le réel perçu mais sur des hypothèses (Dolle, 1999). Elle permet de faire des opérations mentales sur des faits non vérifiables, pour ensuite valider ou non l'idée initiale (Longeot, 1969).

Au stade des opérations formelles, la pensée de l'adolescent est essentiellement hypothético-déductive (Dolle, 1999 ; Piaget & Inhelder, 1998).

II. Raisonnement opératoire formel et logique combinatoire

1. Pensée formelle

1.1. Définition

Dans la théorie piagétienne, l'accès à la pensée formelle représente la dernière étape du développement de l'intelligence. Tout ce qui a été construit au niveau des opérations concrètes est intégré et réorganisé pour devenir formel : l'adolescent parvient à se dégager du concret et peut dès lors envisager différentes possibilités à un problème, en l'absence de matériel. Il peut « *raisonner correctement sur des propositions auxquelles il ne croit pas ou pas encore, c'est-à-dire qu'il considère à titre de pures hypothèses (...), ce qui constitue le début de la pensée hypothético-déductive* » (Piaget et Inhelder, 1998, p.103).

La pensée formelle permet ainsi :

- de raisonner mentalement sur les causes et les conséquences d'un problème,
- d'interpréter des événements particuliers à partir de leurs relations aux événements hypothétiques,
- de comprendre les concepts abstraits.

Il s'agit d'une pensée abstraite pour laquelle la réalité concrète n'est pas un passage obligé : « *la pensée concrète est la représentation d'une action possible et la pensée formelle est la représentation d'une représentation d'action possible* » (Golse, 1992, p.193).

Cette pensée formelle, d'après un certain nombre d'études évoquées par Guidetti (2002), n'est pas accessible à tous.

1.2. Développement de la pensée formelle

Le stade de la pensée formelle, tel que le définit Piaget, se caractérise par la construction de la logique des propositions et la formation d'une série de schèmes opératoires nouveaux, finalement organisés en structure formelle d'ensemble (Tran-Thong, 1992).

Il se divise en deux sous-stades :

- Le premier (de 11-12 à 14 ans) correspond à la genèse des opérations combinatoires, constitutives de la logique des propositions, et des opérations formelles, constitutives des notions de proportionnalité. Il s'agit d'une période de transition entre la pensée opératoire concrète et la pensée opératoire formelle, durant laquelle l'adolescent tâtonne dans son raisonnement et doit réajuster ses hypothèses en fonction de ses résultats pour atteindre un niveau d'équilibre.
- Le second (de 14 à 16 ans) permet l'organisation des opérations formelles en structure d'ensemble. Durant cette période, l'adolescent parvient à utiliser, inconsciemment et à bon escient, les schèmes opératoires formels.

1.3. Opérations formelles

Contrairement aux opérations antérieures qui portaient directement sur les objets, les opérations formelles s'appliquent aux propositions ou énoncés, qui sont déjà des opérations. Ce sont donc des opérations à la deuxième puissance. « *Ce qui manque aux opérations concrètes pour devenir formelles est [...] l'existence d'une combinatoire, sorte de classification de toutes les classifications possibles, avec un système de permutation qui est la sériation de toutes les sériations possibles* » (Tran-Thong, 1992, p.79).

Les opérations formelles synthétisent les deux formes de réversibilité bien distinctes l'une de l'autre dans les opérations concrètes (Dolle, 1999 ; Piaget & Inhelder, 1998) :

- l'inversion ou négation qui consiste à annuler mentalement l'opération effectuée pour revenir à l'état initial
- la réciprocité qui consiste à supprimer mentalement une différence pour obtenir un état équivalent à celui initial.

Les opérations formelles proviennent ainsi d'un mécanisme d'équilibration entre les opérations concrètes et leurs résultats.

1.4. Apports pour l'individu

Alors que l'enfant a besoin de la manipulation pour bâtir un raisonnement au stade opératoire concret, l'adolescent peut s'en détacher au stade formel et réfléchir abstraitement sur un matériel symbolique. Il procède ainsi par hypothèses et par déduction : son raisonnement se construit à partir de propositions considérées à titre d'hypothèses (et non plus de réalités perçues), confirmées ou infirmées par déduction.

En situation expérimentale, le raisonnement hypothético-déductif, propre à ce stade, se révèle autant dans le langage que dans le comportement : les épreuves destinées à le mettre en évidence sont réussies (Piaget, 1993).

De façon plus générale, avec la pensée formelle, les adolescents perçoivent peu à peu la réalité dans laquelle ils vivent comme faisant partie d'un nombre infini de réalités imaginables. Ils sont amenés à réfléchir à des organisations alternatives du monde et à des questions plus profondes sur le sens, la vérité, la justice et la morale (Siegler, 2001).

La pensée formelle, certes mise en jeu dans la résolution de problèmes mathématiques, tient également un rôle dans l'équilibre mental, la compréhension du monde et de soi-même. Ainsi, en l'absence de pensée formelle, l'adolescent ou l'adulte ne peut prendre en compte plusieurs points de vue différents, ni anticiper ou comprendre les concepts abstraits, faisant preuve d'une certaine psychorigidité et de difficultés d'adaptation sociale.

La rééducation permettrait à l'adolescent d'acquérir l'ensemble des instruments logico-mathématiques qui, bien utilisés, conduisent à accroître la mobilité de la pensée et le contenu de ses connaissances (Jaulin-Mannoni, 1973 ; Legendre-Bergeron, 1980).

2. Combinatoire

2.1. Définition

La combinatoire est définie par le Dictionnaire de logopédie comme une « opération logico-mathématique, intervenant dans la logique des transformations, des classes et des relations, caractérisée par une gymnastique mentale permettant d'envisager toutes les solutions possibles à un problème donné » (Campolini, Timmermans & Vansteelandt, 2002, p.34). Elle consiste pour Piaget (1998) à combiner entre eux des objets ou des facteurs, des idées ou des propositions, et permet de raisonner sur une réalité donnée en fonction d'un certain nombre de combinaisons possibles.

Longeot (1969) rappelle ainsi que la combinatoire apparaît simultanément sous deux formes qui procèdent du même mécanisme de pensée : l'une, mathématique, appliquée aux objets, et l'autre, propositionnelle, appliquée aux jugements.

2.2. Filiation de la combinatoire

L'accès à la combinatoire nécessite une certaine flexibilité mentale que révèlent :

- la capacité d'anticipation, c'est-à-dire la capacité à faire des projets intérieurs avant de manipuler,
- la capacité de rétroaction, qui se définit par le remaniement et le changement de critère lors de l'intervention d'une propriété nouvellement remarquée ou d'éléments nouveaux à adjoindre aux collections antérieures.

La combinatoire n'apparaît pas brusquement à 12 ans. Elle pré-existe au stade opératoire concret. C'est la généralisation, à un niveau formel, des opérations de classification et de sériation du stade concret qui permet l'émergence de la combinatoire (Dolle, 1999). La combinatoire n'est donc pas une structure en elle-même, mais une combinaison de structures (Piaget & Inhelder, 1998).

2.3. Opérations de la combinatoire étudiées par Piaget

Selon Dolle (1999), Piaget évoque à ce niveau le recours aux opérations :

- de combinaison, classification des classifications
- de permutation, sériation des sériations
- d'arrangement, synthèse des précédentes.

Dans les opérations de combinaison, les éléments donnés ne sont jamais tous pris en compte et la notion d'ordre n'intervient pas. L'épreuve destinée à les mettre en évidence consiste à présenter à l'enfant des petits tas de jetons de couleurs différentes, et à lui demander de construire le plus possible de couples différents sans répétition de couleur dans un même couple.

Dans les opérations de permutation, tous les éléments donnés doivent être pris en compte et la notion d'ordre n'intervient pas. En mathématiques, le nombre de permutations pour n éléments est $n!$ On aura ainsi pour trois éléments, six permutations possibles ($3! = 1 \times 2 \times 3$) et pour quatre, vingt-quatre solutions ($4! = 1 \times 2 \times 3 \times 4$). L'épreuve choisie pour étudier leur genèse consiste à présenter à l'enfant deux, puis trois, puis quatre jetons de couleurs différentes, et à lui demander, à chaque étape, de les disposer de toutes les manières possibles les uns par rapport aux autres.

Dans les opérations d'arrangement, les éléments donnés ne sont jamais tous pris en compte et la notion d'ordre intervient. L'épreuve destinée à les mettre en évidence consiste à présenter à l'enfant trois collections de cartes avec le numéro 1, 2 et 3 sur chacune, et à lui demander de composer tous les nombres possibles de deux chiffres.

Piaget (1955) s'est intéressé plus particulièrement aux permutations, notamment pour son étude de la genèse de l'idée de hasard. Il a ainsi décrit des niveaux de raisonnement dès l'âge de 4 ans à l'épreuve de permutation. Selon lui, la découverte des permutations est plus tardive que celle des combinaisons : les opérations de combinaisons ne seraient

qu'une simple généralisation de celles de multiplication, alors que les permutations seraient des opérations à la deuxième puissance, caractéristiques des opérations formelles (Dolle, 1999).

Ces trois opérations de combinatoire sont utilisées en rééducation par les orthophonistes formées au GEPALM (Groupe d'Etudes pour la Psychopathologie des Activités Logico-Mathématiques). L'objectif est alors d'aider l'enfant en difficulté à mobiliser sa pensée et de lui permettre d'accéder aux notions de nombre et de numération (Causse-Mergui, 2000).

2.4. Parties d'ensemble

Pour Gibello (1986), en plus des opérations de combinaison, permutation et arrangement étudiées par Piaget, la combinatoire comprendrait aussi les parties d'ensemble.

D'après le Dictionnaire de logopédie, les parties d'ensemble représentent une « *forme d'activités de la combinatoire dans laquelle la notion d'ordre n'a pas d'importance et où les éléments donnés peuvent soit être pris dans leur totalité, soit en partie ou encore ne pas être pris du tout* » (Campolini, Timermans & Vansteelandt, 2002, p.66).

En mathématiques, on les dénombre par la formule $P(E) = 2^n$, dans laquelle E est un ensemble à n éléments et $P(E)$ l'ensemble des parties de E . Ainsi, si l'enfant dispose de trois objets différents à placer dans une boîte, et si on lui signale qu'il peut choisir de tous les y mettre, de n'en mettre aucun ou d'en mettre certains, alors les possibilités qui s'offrent à lui sont au nombre de huit.

Les parties d'ensemble demandent une grande mobilité de pensée. Selon Longeot (1978) :

« construire l'ensemble des parties d'un ensemble, établir systématiquement toutes les associations possibles entre des objets ou entre leurs propriétés, c'est en effet raisonner d'une manière hypothético-déductive puisque c'est envisager la réalité en fonction d'une liste de possibilités, et c'est bien, d'autre part, faire des opérations au second degré. »

En orthophonie, il est ainsi fréquent de proposer des activités de parties d'ensemble, non seulement pour travailler la mobilité de pensée, mais aussi pour travailler les notions de « tout » et « parties » à la base des opérations additive et soustractive (Decraye, 2006).

III. Autres points de vue sur le développement cognitif

1. Théories du traitement de l'information

Selon l'approche du traitement de l'information (Siegler, 2001), quatre mécanismes de changement jouent un rôle dans le développement cognitif :

- l'automatisation, que l'on peut définir comme l'exécution plus efficace des processus mentaux qui requièrent donc de moins en moins d'attention
- l'encodage, qui correspond à l'identification des traits les plus informatifs d'objets ou événements et à leur utilisation pour la formation de représentations internes ; ainsi, pour la résolution de problèmes, il est souvent nécessaire d'encoder les informations pertinentes et ignorer celles qui ne le sont pas
- la généralisation, ou l'extension des connaissances acquises dans un contexte à d'autres contextes
- l'élaboration de stratégies, ou la découverte d'une nouvelle procédure pour résoudre un problème.

2. Contribution des théories socio-culturelles au développement cognitif

2.1. Lev Vygotsky

Lev Vygotsky est à l'origine des théories socio-culturelles, qui insistent sur la contribution du monde social dans le développement de la pensée.

D'après Siegler (2001), tandis que pour Piaget les enfants sont de petits scientifiques qui essaient de comprendre le monde en grande partie par eux-mêmes, pour Vygotsky, ils sont des êtres sociaux entourés de personnes souhaitant les aider à acquérir les compétences nécessaires pour vivre dans leur culture.

Trois concepts fondamentaux sont introduits par Vygotsky :

- la zone proximale de développement, définie comme la distance entre ce que l'enfant peut accomplir seul lors de la résolution d'un problème et ce qu'il est capable de faire avec l'aide d'autrui
- l'échafaudage social, correspondant à l'assistance qu'apportent les formateurs à l'enfant pour l'aider à résoudre des problèmes
- les outils culturels, représentant l'ensemble des objets et idées permettant aux individus d'atteindre leurs objectifs et mieux comprendre le monde social et physique

Selon lui, guidés et assistés lors de la réalisation de certaines parties d'une tâche difficile, les apprenants parviennent à un niveau de pensée plus élaboré que s'ils avaient effectué la tâche seuls. « *Les informations sur ce que l'enfant est capable de faire lorsqu'il bénéficie d'une aide donnée fournissent une image plus exhaustive de la pensée des enfants que celle apportée par le seul examen d'un enfant résolvant un problème seul* » (Siegler, 2001, p. 26).

Par ailleurs, Vygotsky met le langage en position centrale de la construction de l'intelligence. Selon lui, « *l'intériorisation des activités pratiques en activités mentales de plus en plus complexes est assurée par les mots, origine de la formation des concepts* » (Bideaud, Houdé, & Pardinielli, 1993, p.79).

2.2. Henri Wallon

D'après Wallon (1968), toute activité mentale ne peut être expliquée en ne considérant qu'un seul facteur, qu'il s'agisse du milieu ou du développement biologique. Si l'environnement donne les outils et les techniques aux enfants, ils ne peuvent les utiliser qu'à un âge donné. Wallon prend en compte l'influence des facteurs externes sur le développement cognitif qui peuvent accélérer ou freiner l'évolution (Voizot, 1973).

Il présente ainsi comme une succession de stades le développement de l'enfant. Mais contrairement à Piaget, il ne le conçoit pas en ligne droite. Oscillations, changements de direction et de niveau sont possibles. Le développement psychique est marqué tantôt par la prédominance de l'intelligence –comme au stade catégoriel au cours duquel l'enfant (de 6 à 11 ans) acquiert des capacités de mémoire, d'attention et d'abstraction–, tantôt par la prédominance de l'affectif –comme au stade de l'adolescence. Il n'est pas continu (Tran-Thong, 1992 ; Wallon, 1968).

Chapitre II
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Peu d'auteurs se sont occupés de poursuivre les recherches de Piaget sur le raisonnement hypothético-déductif de l'enfant, caractéristique de la pensée formelle (Dolle, 1999).

Il nous paraît donc intéressant de nous pencher sur la question de la logique combinatoire, témoin d'une certaine flexibilité mentale et à la base de la pensée formelle.

La combinatoire, finalité du développement cognitif, naît des opérations de sériation et classification, acquises au cours du stade des opérations concrètes, auquel l'enfant est capable d'expliquer tant qu'il peut manipuler du concret ou se référer à une situation vécue. C'est principalement à travers une épreuve de permutation que Piaget (1955) a rendu compte de la genèse de la combinatoire dès l'âge de 4 ans.

En 1986, Gibello évoque une autre activité de combinatoire, non abordée par Piaget : les parties d'ensemble. Sensible à la mobilité de pensée et habituellement proposée en rééducation logico-mathématique, cette activité diffère des permutations par les notions de « tout » et « parties » qui lui sont caractéristiques et par l'absence de notion d'ordre dans la disposition des éléments.

Ainsi, au regard des théories sur le développement cognitif, nous nous interrogeons sur la façon dont les enfants procèdent pour résoudre une épreuve de parties d'ensemble. En nous appuyant sur les stades décrits pour les permutations, nous souhaitons dégager des niveaux de raisonnement à une épreuve de parties d'ensemble, chez des enfants scolarisés du CE1 au CM2 et théoriquement situés au stade des opérations concrètes.

Notre problématique est la suivante : les niveaux de raisonnement déterminés à l'épreuve piagétienne de permutation sont-ils prédictifs des niveaux de raisonnement à une épreuve de parties d'ensemble ?

Nous supposons que chaque groupe d'enfants, appariés selon leur âge et leur niveau de raisonnement à l'épreuve de permutation, va présenter à l'épreuve de parties d'ensemble un profil de raisonnement qui lui est propre.

De cette hypothèse générale, découlent deux hypothèses opérationnelles :

1. Nous supposons que le niveau scolaire donne le niveau de raisonnement aux permutations.
2. Nous nous attendons à ce que les procédures mises en œuvre par les enfants à une épreuve de parties d'ensemble dépendent du niveau de raisonnement déterminé à l'épreuve piagétienne de permutation.

De par leur formule mathématique et le nombre de manipulations mentales qu'elles supposent, nous pensons que les parties d'ensemble sont plus difficiles à résoudre que les permutations. Ces deux activités impliquant des notions différentes, nous nous interrogeons sur leur niveau de difficulté. Nous proposons de répondre à cette question à travers notre travail.

Chapitre III
PARTIE EXPERIMENTALE

I. Population

1. Choix de la population

Nous nous intéressons à la construction de la pensée logique au cours du stade des opérations concrètes, sur une activité de combinatoire que nous avons élaborée.

Notre population se situe par conséquent dans la tranche d'âge de 6-7 ans à 10-11 ans, période durant laquelle la pensée de l'enfant devient de plus en plus mobile, sans pour autant parvenir à se détacher du concret.

2. Critères d'exclusion

Sont exclus de notre population :

- les enfants ayant redoublé ou sauté une classe : nous pourrions ainsi établir un éventuel lien entre âge, niveau de raisonnement et niveau scolaire
- les enfants ayant été ou étant suivis en orthophonie : ils pourraient avoir été confrontés à ce type d'activité, ce qui pourraient influencer leurs réponses
- les enfants bénéficiant d'un suivi psychologique : des difficultés psycho-affectives pourraient entraver leur raisonnement
- les enfants étant suivis en orthoptie : notre épreuve pourrait mettre en difficulté ceux qui présentent des troubles visuo-spatiaux

3. Effectif final

Une centaine d'autorisations parentales ont été distribuées à chaque niveau de classe que nous souhaitons tester. Nos critères de sélection et les refus des familles nous ont finalement permis d'obtenir une population de 64 enfants, répartis de la manière suivante :

- 11 enfants de CE1, âgés en moyenne de 7 ans 6 mois
- 17 enfants de CE2, âgés en moyenne de 8 ans 6 mois
- 18 enfants de CM1, âgés en moyenne de 9 ans 6 mois
- 18 enfants de CM2, âgés en moyenne de 10 ans 4 mois

II. Conditions d'expérimentation

1. Lieux d'expérimentation

Les expérimentations ont eu lieu dans deux écoles publiques, l'une du Rhône (1^{er} arrondissement de Lyon), l'autre de l'Ain (Ambérieu-en-Bugey), dans le but d'avoir un échantillon plus représentatif de la population.

Chacune de nous a pu bénéficier d'une salle de classe vide pour s'entretenir avec les enfants de façon individuelle. Les passations se sont ainsi effectuées dans le calme, à l'abri de toute distraction.

2. Période d'expérimentation

Les expérimentations se sont déroulées sur trois mois, de début novembre à début février, en dehors des vacances scolaires et des périodes d'évaluation pour certaines classes.

Au préalable, nous avons proposé notre épreuve à une vingtaine d'enfants de fin de CE2 et fin de CM2, dans le but de tester notre matériel et élaborer une grille d'observation.

3. Durée de passation

Nous avons souhaité limiter le temps de passation, ceci afin de rencontrer le plus grand nombre possible d'enfants et d'éviter tout effet de fatigue.

Ainsi, nous avons vu les enfants une fois chacun, pour une durée de trente à quarante-cinq minutes selon les réponses et les capacités d'attention individuelles.

III. Méthode expérimentale

1. Démarche clinique piagétienne

Nous nous sommes inspirées de la méthode expérimentale du psychologue épistémologue pour la passation de nos épreuves.

La démarche consiste en un interrogatoire à la fois souple et ciblé qui repose sur une « situation-épreuve ».

Malgré certaines questions et un matériel fixés, il s'agit d'une réelle interaction entre le sujet et l'observateur. L'un des principes fondamentaux de la démarche piagétienne est ainsi de savoir s'adapter à l'enfant tant au niveau de son comportement et de ses réactions qu'au niveau de son vocabulaire (Dolle, 1999).

2. Etapes de l'entretien

L'entretien se déroule en trois étapes que nous avons respectées.

2.1. Anticipation

L'enfant doit envisager la solution au problème posé, avant même de manipuler le matériel et commencer toute production.

Cette étape d'anticipation permet de savoir s'il a compris la situation, s'il peut raisonner mentalement et se passer d'un matériel concret.

2.2. Réalisation

L'enfant se sert du support qui lui est proposé pour résoudre le problème donné.

A cette étape, l'observation de son comportement nous permet de voir si le raisonnement se construit au cours de la manipulation ou si l'enfant se fie au hasard, s'il s'en tient à son anticipation ou s'il prolonge son raisonnement, s'il met en place des stratégies.

2.3. Evocation

L'enfant doit verbaliser sa démarche.

Cette étape d'évocation permet de mieux appréhender le cheminement de son raisonnement et de savoir s'il a conscience d'avoir mis en place une méthode.

3. Objectifs

C'est à travers ces trois étapes, en nous appuyant à la fois sur nos observations et sur l'analyse des contenus des épreuves, que nous pourrions dégager le niveau de raisonnement de l'enfant.

Parce que notre but est d'évaluer sa pensée à un moment donné, nous avons établi un protocole pour que tous les enfants testés soient mis dans les mêmes conditions.

IV. Protocole expérimental

Avant même de commencer les passations, nous rassurons l'enfant en lui précisant qu'il n'existe pas de bonnes ou mauvaises réponses : nous voulons observer la façon dont il raisonne.

1. Pré-test des permutations

Notre protocole d'expérimentation débute par la passation de l'épreuve des permutations (Piaget & Inhelder, 1955). Nous l'avons choisie en raison de la mobilité de pensée qu'elle suppose, et parce qu'elle a permis à ses auteurs la description de stades de raisonnement dès l'âge de 4 ans.

L'objectif est pour nous d'évaluer le niveau de raisonnement de l'enfant à cette épreuve, afin de pouvoir s'y référer pour la mise en évidence de niveaux de raisonnement à notre épreuve de parties d'ensemble et d'un éventuel lien entre les deux.

1.1. Description du matériel























Le matériel se limite à quatre collections, de quatre couleurs différentes, d'une trentaine de jetons chacune.

1.2. Déroulement de l'épreuve

Nous attendons de l'enfant qu'il trouve, non pas la formule mathématique des permutations, mais un système qui lui permette d'anticiper le nombre de permutations possibles entre différents objets, en étant assuré de ne pas en oublier.

Nous commençons par lui proposer deux jetons de couleurs différentes, que nous plaçons côte à côte sur la table. Nous l'invitons alors à les arranger d'une autre manière l'un par rapport à l'autre, en mettant à sa disposition les deux collections de jetons correspondantes.

Une fois la consigne bien comprise, nous lui demandons de réaliser la même opération avec trois jetons de couleurs différentes, puis quatre si le bon nombre de permutations avec trois jetons, soit six, a été trouvé.

Permutations à 2 jetons		Permutations à 3 jetons		
Ligne 1	 	Ligne 1	  	
Ligne 2	 	Ligne 2	  	
		Ligne 3	  	
		Ligne 4	  	
		Ligne 5	  	
		Ligne 6	  	

A chaque étape de l'épreuve :

- l'enfant doit d'abord anticiper le nombre de permutations possibles avec les jetons proposés
- il doit ensuite réaliser les séries en lignes horizontales, les unes au-dessous des autres
- il doit enfin expliciter sa démarche et tenter de tirer une règle, une stratégie de son expérience.

1.3. Principes de passation

Nous avons fixé certaines règles pour homogénéiser les passations :

- si la consigne de départ n'est pas comprise, nous prenons l'image des deux bonshommes, utilisée par Piaget et Inhelder (1955), en expliquant à l'enfant qu'ils peuvent se promener l'un à côté de l'autre, de deux manières différentes.
- à chaque étape, nous faisons remarquer les éventuels doublons et proposons une suggestion en acte si besoin.
- le passage à l'étape supérieure (ajout d'un jeton) nécessite la réussite à la précédente.
- la passation s'achève lorsque l'enfant est en trop grande difficulté ou dit lui-même avoir terminé.

1.4. Résultats

Nous classons chaque enfant dans l'un des stades et sous-stades décrits en 1955 par Piaget et Inhelder pour cette épreuve.

<p>STADE I <i>Absence de système</i></p> <p>➤ Manipulation, tâtonnement empirique ➤ Difficulté à comprendre le principe même des permutations</p>	<p>Sous-stade A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Difficultés à changer l'ordre donné des éléments et à comprendre qu'on puisse faire plusieurs permutations avec les mêmes éléments. • Incapacité à trouver toutes les permutations possibles et à généraliser la découverte empirique.
	<p>Sous-stade B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Découverte par l'action de quelques régularités, sans en être conscient (inversion de positions dans un couple, possibilité de commencer deux fois avec la même couleur). • Incapacité à dégager un système proprement dit de ces découvertes isolées.
<p>STADE II <i>Découverte empirique de systèmes partiels</i></p> <p>➤ Recherche du système sans parvenir à le trouver</p>	<p>Sous-stade A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Découverte de toutes les permutations possibles avec trois éléments. • Recherche du système lui-même pour trois éléments : impression de régularité.
	<p>Sous-stade B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Généralisation spontanée pour quatre éléments de ce qui a été découvert des permutations à trois éléments. • Conscience progressive des égalités de distribution et régularités, sans pouvoir dégager de système.
<p>STADE III <i>Découverte du système des permutations</i></p> <p>➤ Capacité progressive à généraliser et anticiper, quel que soit le nombre d'éléments proposé.</p>	<p>Sous-stade A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adoption de systèmes erronés avant le bon. • Découverte du système des permutations seulement à la suite de questions suggestives.
	<p>Sous-stade B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Généralisation systématique.

Tableau 1 : Stades de raisonnement à l'épreuve piagétienne des permutations

2. Test des parties d'ensemble

Notre protocole d'expérimentation se poursuit avec la passation d'une épreuve de parties d'ensemble, que nous avons mise au point après avoir pris connaissance des divers exercices de ce type proposés par le GEPALM.

L'objectif est de pouvoir mettre en évidence des niveaux de raisonnement, éventuellement corrélés à ceux de l'épreuve des permutations.

2.1. Description du matériel

2.1.1. Matériel destiné à l'enfant

- Un crayon et une feuille recto sur laquelle sont représentés vingt-quatre personnages à compléter
- Une carte-mémoire des accessoires dont les personnages peuvent être habillés

A propos de l'élaboration de ce matériel (présenté en Annexe I) :

- Le personnage à habiller a été dessiné de telle sorte qu'il puisse plaire aux plus jeunes, sans infantiliser les plus grands.
- Il est reproduit plus de fois qu'il n'y a de solutions au problème, afin de ne pas influencer le nombre de réponses.
- Il est également reproduit plus de quatre fois par ligne, pour que les plus jeunes ne s'arrêtent pas à quatre possibilités qui correspondraient à la distribution des quatre accessoires.
- Tous les personnages sont présentés sur une page, afin que l'enfant ait toutes ses productions sous les yeux au cas où il voudrait s'y reporter.
- Le choix des accessoires s'est fait en fonction de leur facilité de réalisation, afin de ne pas ralentir la passation et de ne pas pénaliser les moins à l'aise en dessin.

2.1.2. Matériel destiné à l'examineur

- Une feuille de notation recto-verso sur laquelle figurent :
 - des données concernant l'enfant (date de naissance, date de passation, classe, établissement, etc.)
 - son niveau au pré-test des permutations
 - la consigne de l'épreuve des parties d'ensemble
 - un tableau de vingt-quatre lignes permettant de faire apparaître, pour chaque personnage complété, l'ordre de réalisation des accessoires choisis et le comportement de l'enfant.
- Une grille d'observation que nous détaillerons plus loin.

Ces deux fiches (présentées en Annexe II) ont été revues et modifiées après avoir été testées auprès d'une population de fin de CE2 et fin de CM2 en juin 2008.

2.2. Déroulement de l'épreuve

Nous attendons de l'enfant qu'il trouve, non pas la formule mathématique des parties d'ensemble, mais un système qui lui permette d'anticiper le nombre de possibles avec les différents objets, en étant assuré de ne pas en oublier.

L'épreuve débute avec la présentation du matériel et la lecture de la consigne :

« Il fait beau. Gaston va rejoindre des amis. Pour sortir, il peut prendre à la fois sa casquette, ses lunettes, sa montre et ses rollers, mais peut aussi décider de ne rien prendre ou de n'en prendre qu'une partie. Dessine-moi toutes les possibilités qui existent pour Gaston. Il ne doit pas y avoir deux dessins pareils. »

Nous ne poursuivons qu'après nous être assurées que la consigne est comprise en demandant à l'enfant de répéter ce qu'il en a retenu et en complétant si besoin.

Nous passons alors à l'étape d'anticipation, puis à celle de réalisation en notant scrupuleusement toutes nos observations quant à son comportement et à ses productions.

Lorsque l'enfant pense avoir terminé, nous lui relisons la consigne en insistant sur les notions qu'il n'a pas traitées et lui laissons la possibilité de se corriger ou de compléter ses productions : nous relevons ses réponses dans une couleur différente sur la feuille de notation.

L'épreuve s'achève avec l'étape d'évocation : nous lui demandons s'il est certain d'avoir trouvé toutes les solutions, soit seize, et l'invitons à expliciter sa démarche après avoir pris soin de cacher son travail. Cette dernière précaution devrait permettre de faire de l'évocation une réelle verbalisation du raisonnement et non une simple description des productions. Il s'agit d'un élément important pour notre analyse qualitative.

2.3. Principes de passation

Afin de rendre les passations le plus homogène possible, nous avons établi certaines règles :

- au cours de l'étape de réalisation, nous n'intervenons pas sur les productions de l'enfant, mais pouvons, à sa demande, lui répéter la consigne.
- si l'enfant souhaite compléter ou corriger ses productions au cours de l'étape d'évocation, nous lui en donnons la possibilité.

V. Outils d'analyse des résultats

1. Grille d'observation

Nous avons élaboré une grille d'observation afin de faciliter le recueil des données, en retenant trois axes :

- le détail des solutions trouvées
- l'organisation de ses productions
- le comportement de l'enfant au cours de l'épreuve

Nous avons ainsi relevé pour chaque enfant :

- le nombre de solutions éventuellement anticipées
- le nombre total de ses productions
- le nombre de solutions attendues
- l'oubli de « RIEN »
- le nombre d'oublis de solutions avec 1 élément
- le nombre d'oublis de solutions avec 2 éléments
- le nombre d'oublis de solutions avec 3 éléments
- l'oubli de « TOUT »
- le nombre de doublons
- les solutions découvertes après relecture et/ou évocation.

Nous avons également cherché à savoir si l'organisation des productions était :

- absente
- trouvée par l'action
- recherchée
- mise en place
- anticipée
- facilitatrice.

Enfin, nous avons noté dans son comportement :

- son implication
- la verbalisation au cours de l'activité proposée
- le tâtonnement
- la perte de la consigne au cours de l'activité
- les difficultés de compréhension de la consigne
- la prise en compte de nos interventions.

2. Cotation des réponses

Nous avons recueilli dans un tableau, pour chaque enfant testé :

- son goût pour les mathématiques, coté 0 s'il dit ne pas aimer, 1 s'il n'a pas d'avis sur la question et 2 s'il dit aimer
- son niveau de raisonnement à l'épreuve des permutations (stade et sous-stade).

L'organisation de ses productions a été notée :

- absente, si l'enfant semble incapable de s'organiser, si ses productions semblent hasardeuses, et si l'évocation de sa démarche demeure floue.
- trouvée par l'action, si l'enfant semble s'organiser au cours de l'épreuve, s'il découvre par hasard au cours de la tâche des solutions qui n'avaient pas été envisagées, et si la démarche évoquée est plus claire et organisée que ce que laissait présager la réalisation de la tâche.
- recherchée, si l'enfant manifeste une volonté de ne pas habiller les personnages au hasard, même s'il éprouve encore des difficultés à s'organiser.
- mise en place, si les productions ne semblent pas hasardeuses, même si l'organisation reste fragile et si l'enfant n'en est pas conscient.
- anticipée, si l'enfant est capable d'évoquer une méthode avant même de commencer la tâche.
- facilitatrice, si la démarche adoptée permet de trouver l'intégralité des solutions ou d'en oublier le moins possible (deux maximum), sans production de doublons et avant relecture de la consigne.

Nous avons par ailleurs évalué le comportement de l'enfant au cours de l'épreuve de parties d'ensemble :

- Verbalisation :
 - 0 si absente,
 - 1 si irrégulière, le plus souvent présente seulement à la fin de l'épreuve pour vérifier ce qui a été produit jusque-là et ce qu'il reste à faire, poursuivre ou reprendre le cours de la pensée,
 - 2 si quasi-systématique
- Tâtonnement :
 - 0 en cas de productions rapides et spontanées, confiance en soi,
 - 1 en cas d'hésitations et questionnement au sujet de la consigne,
 - 2 en cas de retours en arrière quasi-systématiques et raturages
- Perte de la consigne :
 - 0 si l'enfant n'est pas concerné,
 - 1 s'il a oublié « TOUT » et/ou « RIEN » avant et/ou après relecture de la consigne.

Enfin, nous avons pris en compte :

- l'absence de correction, le repérage de doublons et/ou la découverte de nouvelles solutions après relecture de la consigne
- l'anticipation du résultat, cotée 0 quand impossible, 1 quand mal estimé, 2 quand bien estimé

Ainsi, les données recueillies permettront une analyse quantitative, nécessaire pour pouvoir corrélérer les résultats. Nous la compléterons par une analyse qualitative des différentes stratégies mises en place par les enfants et de leur comportement, dans le but de mieux appréhender l'évolution du raisonnement au cours des quatre niveaux scolaires.

Chapitre IV
PRESENTATION DES RESULTATS

I. Répartition de la population

L'effectif total de notre population s'élève à 64 enfants. Nous avons estimé en pourcentages la répartition de cette population selon les niveaux scolaires et niveaux de raisonnement aux permutations. Ces données nous paraissent intéressantes pour l'analyse ultérieure des résultats, mais ne peuvent être représentatives d'une population générale en raison de nos faibles effectifs.

1. Répartition des niveaux de raisonnement par classe

Globalement, le stade I de raisonnement aux permutations tend à diminuer avec l'âge. Il est ainsi présent chez :

- 82% des enfants de CE1, âgés en moyenne de 7 ans 6 mois
- 65% des enfants de CE2, âgés en moyenne de 8 ans 6 mois
- 72% des enfants de CM1, âgés en moyenne de 9 ans 6 mois
- 34% des enfants de CM2, âgés en moyenne de 10 ans 4 mois

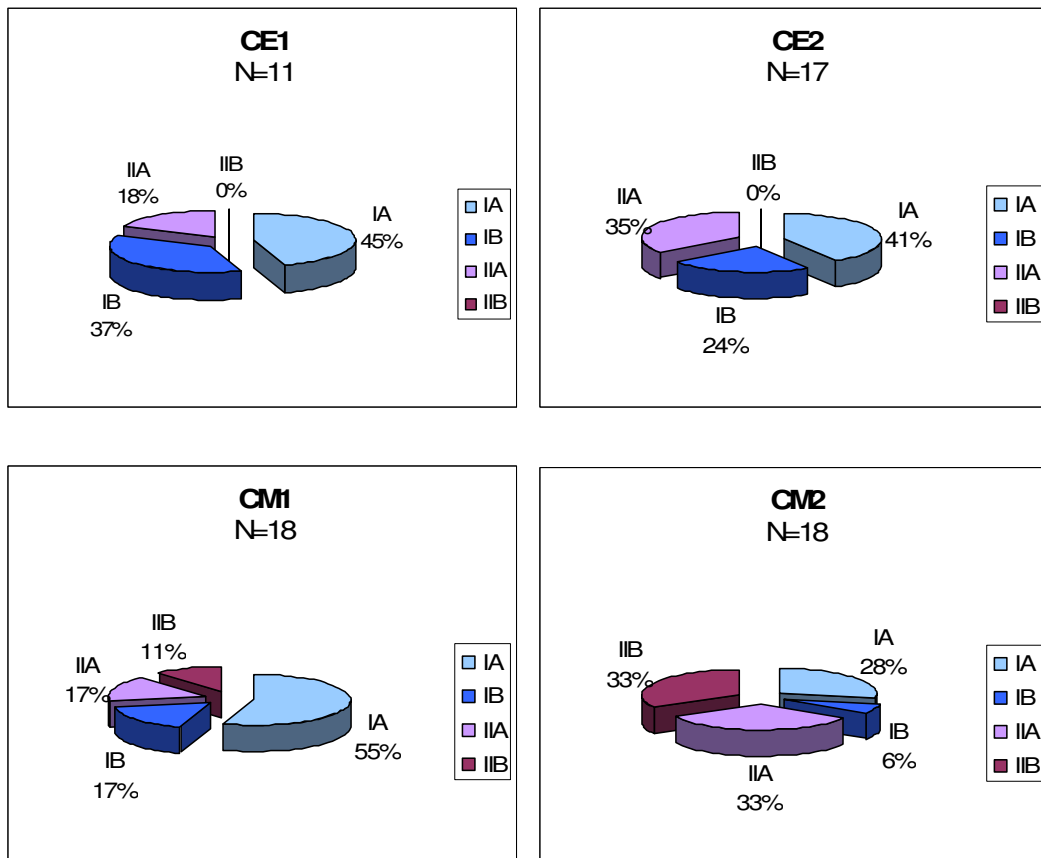


Figure 1 : Répartition des niveaux de raisonnement aux permutations par classe

En considérant les sous-stades de raisonnement aux permutations, nous observons l'émergence du stade IIB en classe de CM1, stade que nous retrouvons principalement en CM2, chez presque un tiers de la population.

Mais, hormis la part d'enfants de niveau IB qui tend à diminuer au fil des classes, la répartition des stades de raisonnement par classe s'avère très hétérogène :

- La proportion d'enfants de stade IA reste la plus importante par classe jusqu'en CM1 et est supérieure à celle d'enfants de stade IB au CM2.
- La proportion d'enfants de stade IIA est plus importante en CE2 qu'en CM1.

2. Répartition des classes par niveaux de raisonnement

L'appariement des enfants selon leur niveau de raisonnement aux permutations donne lieu à quatre groupes aux effectifs très inégaux. Sur la population totale :

- 27 enfants sont de niveau IA
- 12 enfants sont de niveau IB
- 17 enfants sont de niveau IIA
- 8 enfants sont de niveau IIB

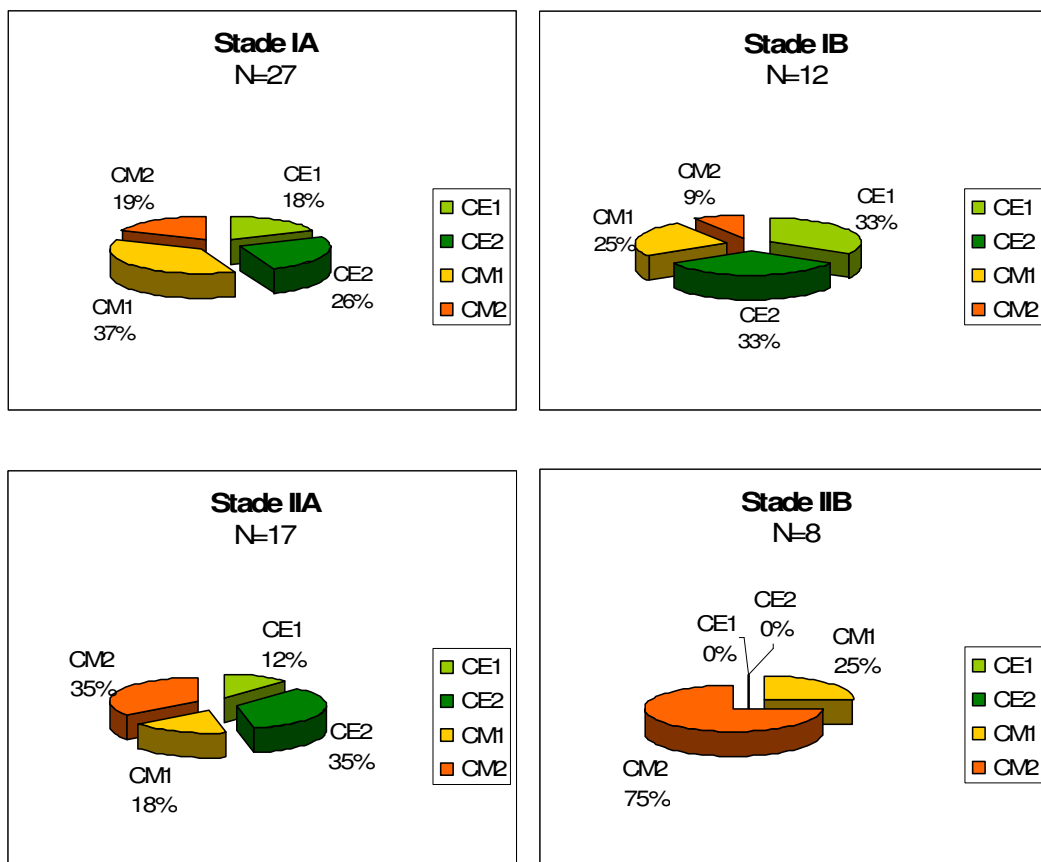


Figure 2 : Répartition des classes par niveau de raisonnement aux permutations

La répartition des niveaux scolaires par stade de raisonnement vient consolider nos observations précédentes :

- Les stades IA, IB et IIA sont représentés dans toutes les classes. Seul le stade IIB n'apparaît qu'en fin de primaire : les trois quarts des enfants appartenant à ce stade sont en CM2, et le quart en CM1.
- Les enfants évalués avec un niveau de raisonnement IA aux permutations sont en majorité scolarisés en CM1, puis CE2.
- Les enfants de stade IIA sont essentiellement scolarisés en CE2 et CM2.

II. Analyse quantitative des résultats obtenus à l'épreuve des parties d'ensemble

Les résultats obtenus montrent dans l'ensemble une évolution, plus nette au regard des niveaux de raisonnement qu'à celui des niveaux de classe. De ce fait, nous avons choisi de présenter en parallèle nos résultats selon ces deux variables.

1. Solutions

1.1. Nombre total de productions

Pour chaque groupe, nous avons calculé une moyenne du nombre total de solutions produites par enfant, ainsi qu'un écart-type, afin d'avoir une idée de la dispersion des résultats dans la population.

Nous observons alors, avec le niveau scolaire, et plus encore avec le niveau de raisonnement aux permutations, une augmentation du nombre moyen des productions qui tendent simultanément à se préciser : ainsi, les enfants de stade IA produisent en moyenne 10,3 solutions (écart-type de 5,3) et ceux de stade IIB 15,75 solutions (écart-type de 1,6), tandis que les enfants de CE1 produisent en moyenne 11,5 solutions (écart-type de 5,8) et ceux de CM2 13,7 solutions (écart-type de 3,8).

1.2. Nombre de réponses attendues

Nous avons procédé aux mêmes calculs pour le nombre de bonnes réponses par enfant. Les chiffres obtenus rendent compte d'une évolution comparable.

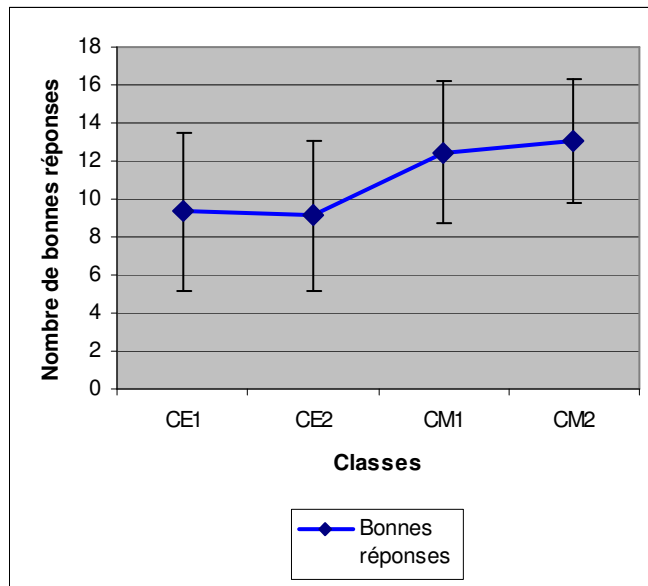


Figure 3 : Nombre moyen de bonnes réponses en fonction du niveau scolaire

Le nombre moyen de bonnes réponses augmente nettement entre les classes du cours élémentaire et celles du cours moyen, mais la dispersion des résultats reste grande quel que soit le niveau scolaire. En CE1, les enfants donnent en moyenne 9,4 bonnes réponses sur les 16 attendues (écart-type de 4,2). Ils en trouvent 9,1 (écart-type de 4) en CE2, puis 12,4 (écart-type de 3,7) en CM1, et enfin 13,1 (écart-type de 3,2) en CM2.

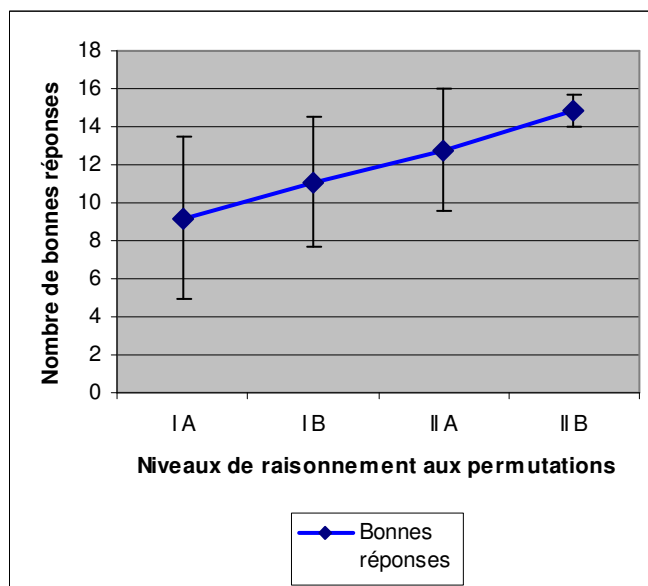


Figure 4 : Nombre moyen de bonnes réponses en fonction du niveau de raisonnement aux permutations

En fonction des stades de raisonnement aux permutations, le nombre moyen de bonnes réponses augmente de façon régulière et linéaire, avec une dispersion de plus en plus restreinte. Les enfants de stade IA donnent en moyenne 9,2 bonnes réponses sur les 16 attendues (écart-type de 4,3). Ceux de stade IB en donnent 11,1 (écart-type de 3,4). Ceux de stade IIA en donnent 12,8 (écart-type de 3,2) et ceux de stade IIB 14,9 (écart-type de 0,8).

1.3. Oublis et doublons

A l'issue de notre épreuve, nous avons relevé pour chaque enfant le nombre d'oublis et de doublons. Les pourcentages calculés représentent les parts d'enfants qui ont produit au moins un doublon, qui n'ont pas trouvé les solutions « RIEN » et/ou « TOUT », ni la totalité des solutions à un, deux et/ou trois éléments. Selon ses réponses, un même enfant peut être représenté simultanément sur différentes courbes.

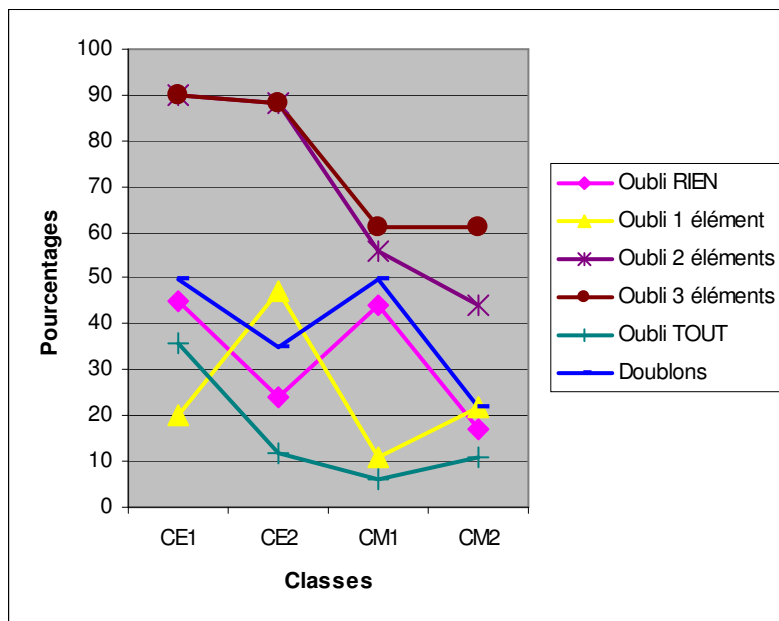


Figure 5 : Oublis et doublons en fonction du niveau scolaire

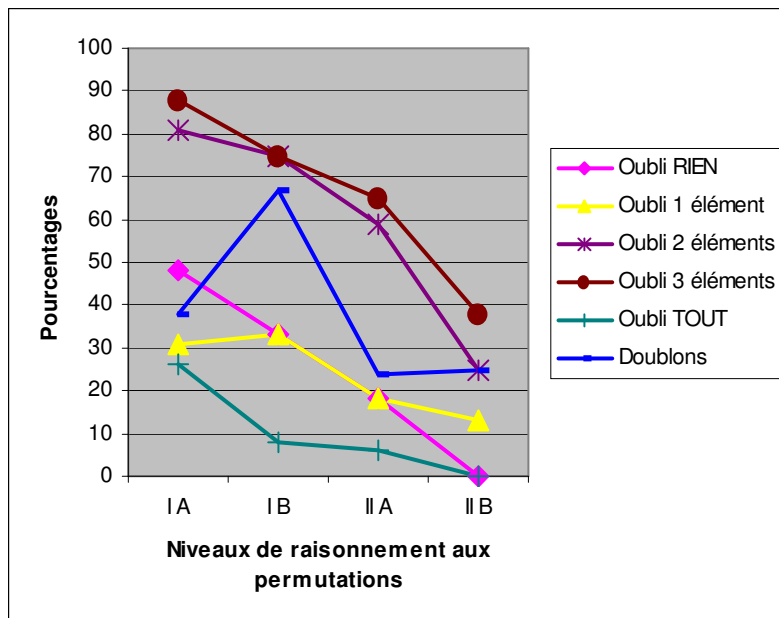


Figure 6 : Oublis et doublons en fonction du niveau de raisonnement aux permutations

Que les résultats soient confrontés aux niveaux scolaires ou aux niveaux de raisonnement :

- La part d'oublis la plus importante concerne l'association de deux puis trois éléments, mais tend à diminuer de manière importante :
 - 90% des enfants de CE1 ne les envisagent pas complètement, contre 44% pour l'association de deux éléments et 61% pour l'association de trois éléments en CM2
 - au stade IA, 81% des enfants oublient au moins une association de deux éléments et 88% au moins une de trois éléments, contre 25% pour l'association de deux éléments et 38% pour l'association de trois éléments au stade IIB.
- Le « RIEN » est plus omis que le « TOUT », ces deux productions n'étant plus oubliées au stade IIB.
- Au moins une solution à un élément est oubliée jusqu'au dernier niveau, qu'il soit scolaire ou de raisonnement.

Comparées aux courbes d'évolution des oublis obtenues en fonction du niveau scolaire, celles obtenues en fonction du niveau de raisonnement aux permutations sont dans l'ensemble moins chaotiques.

En revanche, sur la courbe des doublons, nous constatons un pic au stade IB : 67% des enfants produisent au moins deux solutions identiques, alors que 38% des enfants sont dans ce cas au stade précédent et 25% aux stades suivants. En fonction du niveau scolaire, la proportion d'enfants ayant effectué au moins un doublon ne dépasse jamais les 50% et est moins importante en CE2 et CM2 que dans les autres classes.

1.4. Comportement après relecture de la consigne

Après relecture de la consigne :

- soit les enfants n'ont pas effectué de correction,
- soit ils ont centré leur attention sur les doublons,
- soit ils se sont attelés à la découverte de nouvelles solutions,
- soit ils ont à la fois repéré leurs doublons et trouvé de nouvelles solutions.

Nous avons calculé un pourcentage pour chacun de ces comportements.

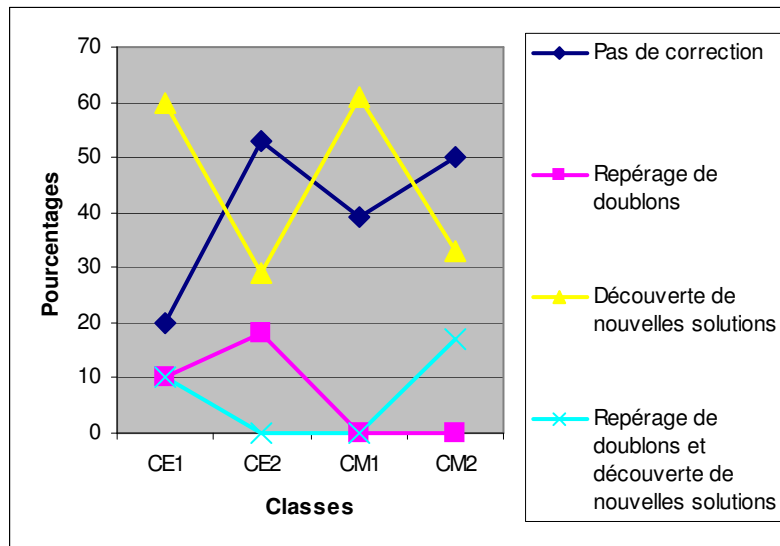


Figure 7 : Comportement après relecture en fonction du niveau scolaire

Les résultats obtenus en fonction de la classe ne montrent pas d'évolution significative. Nous remarquons cependant qu'aucun des enfants de CE2 et CM1 ne peut à la fois repérer des doublons et découvrir de nouvelles solutions, et qu'aucun enfant de cours moyen ne traite uniquement les doublons.

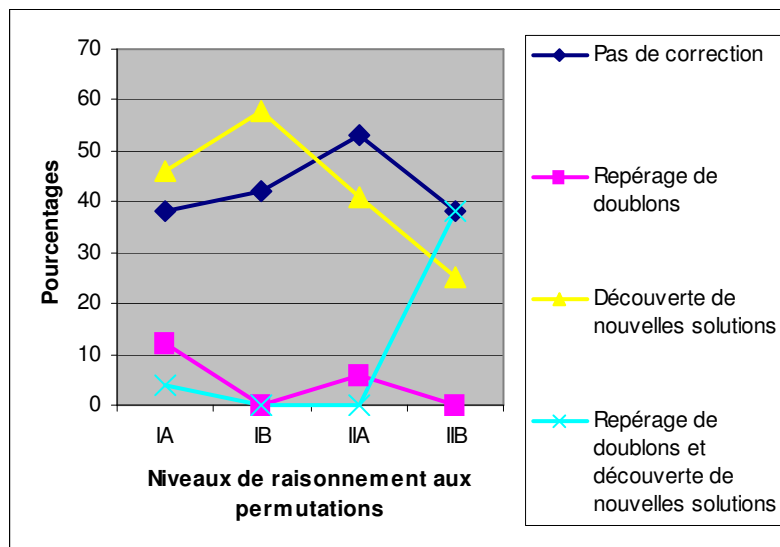


Figure 8 : Comportement après relecture en fonction du niveau de raisonnement aux permutations

En fonction du niveau de raisonnement, les résultats permettent d'observer :

- un faible repérage de doublons au profit de la découverte de nouvelles solutions à tous les stades
- une diminution progressive de ces deux comportements isolés, avec une singularité des courbes au stade IB
- une capacité à simultanément repérer des doublons et découvrir de nouvelles solutions au stade IIB.

1.5. Anticipation du résultat

Pour la plupart des enfants de notre échantillon, il est impossible d’anticiper le résultat au problème posé. Le nombre de solutions ne peut être correctement évalué qu’au dernier niveau, qu’il soit scolaire ou de raisonnement.

Les pourcentages estimés révèlent toutefois une tentative d’anticipation chez la majorité des enfants de stades de raisonnement IB et IIA.

2. Organisation

Nous avons calculé des pourcentages pour chaque type d’organisation défini, aucun type n’étant exclusif : certains enfants peuvent avoir anticipé et mis en place une organisation, à terme facilitatrice, tandis que d’autres peuvent avoir seulement recherché une organisation, sans avoir pu la mettre en pratique.

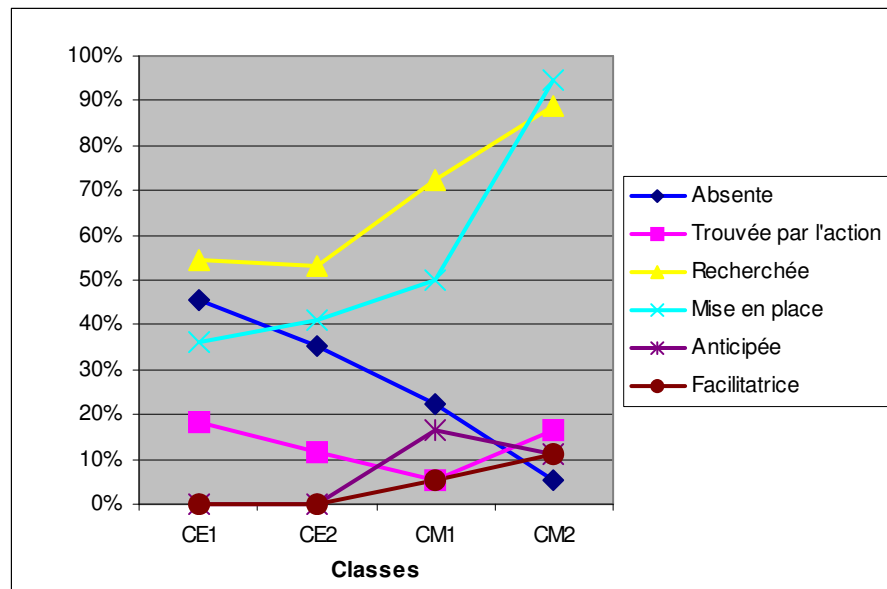


Figure 9 : Organisation en fonction du niveau scolaire

De moins en moins absente, l’organisation est de plus en plus recherchée et mise en place avec l’âge : les productions apparaissent moins hasardeuses en CM2 qu’en CE1. 45% des enfants de CE1 sont incapables de s’organiser, contre 6% seulement des enfants de CM2. Nous notons par ailleurs que l’anticipation d’une organisation est impossible jusqu’en CM1, classe à partir de laquelle l’organisation choisie devient également facilitatrice.

Les résultats obtenus en fonction du niveau de raisonnement aux permutations donnent lieu aux mêmes observations, mais de manière plus significative.

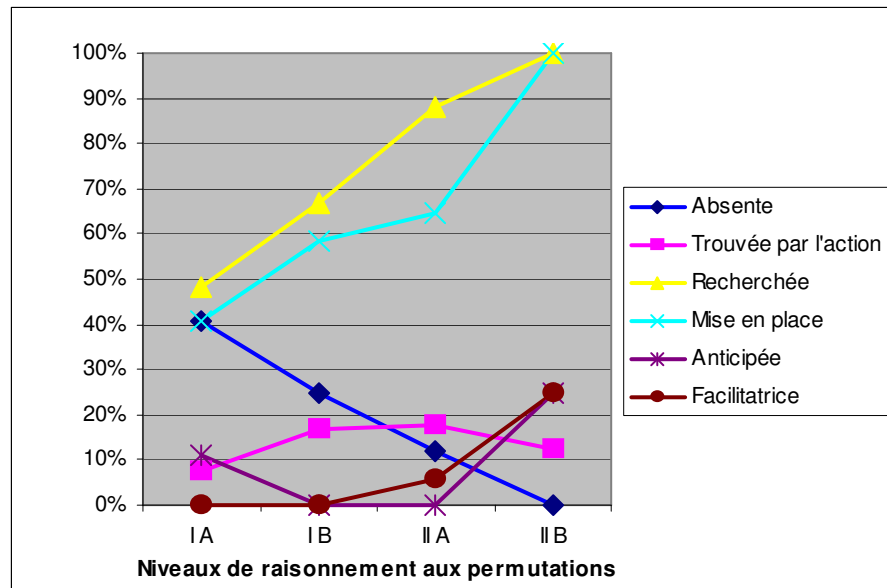


Figure 10 : Organisation en fonction du niveau de raisonnement aux permutations

L'absence d'organisation diminue linéairement jusqu'au stade IIB, stade auquel l'ensemble des enfants sont alors aptes à rechercher et mettre en place une méthode de résolution du problème. La capacité à anticiper une organisation, bien qu'existante au stade IA, se retrouve principalement au stade IIB : l'organisation mise en place est alors facilitatrice.

3. Comportement

3.1. Verbalisation

Nous souhaitons prendre en compte le comportement de verbalisation chez les enfants afin d'observer son effet sur la mise en place du raisonnement.

Les résultats ne montrent pas de réelle évolution de ce comportement. Nous constatons cependant que :

- La verbalisation est majoritairement inexistante, quel que soit le niveau scolaire ou niveau de raisonnement
- Elle se manifeste en fin d'épreuve, pour vérifier ce qui a été produit et ce qui reste à faire, ou pour reprendre le cours de la pensée, ceci en particulier en CM2 chez 28% des enfants et au stade IIB chez 25% des enfants.

3.2. Tâtonnement

Nous pensons pouvoir évaluer le comportement de tâtonnement des enfants et faire des liens avec leur niveau scolaire ou leur niveau de raisonnement. Mais les résultats obtenus ne sont guère interprétables.

3.3. Perte de la consigne

Nous avons considéré comme une perte de consigne l'oubli de « TOUT » et/ou « RIEN » qui apparaissent clairement dans l'énoncé.

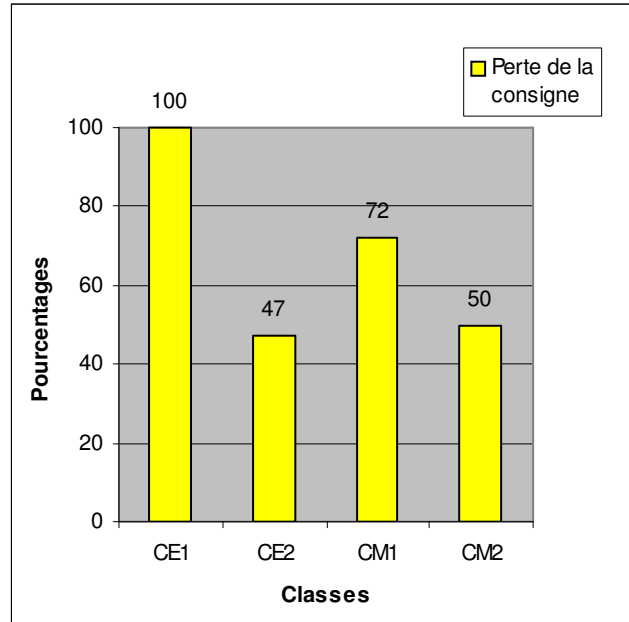


Figure 11 : Perte de la consigne en fonction du niveau scolaire

Le pourcentage d'enfants qui ne traitent pas intégralement la consigne est très variable en fonction du niveau scolaire et ne permet pas d'en tirer une régularité. Nous remarquons cependant que tous les enfants de CE1 perdent la consigne.

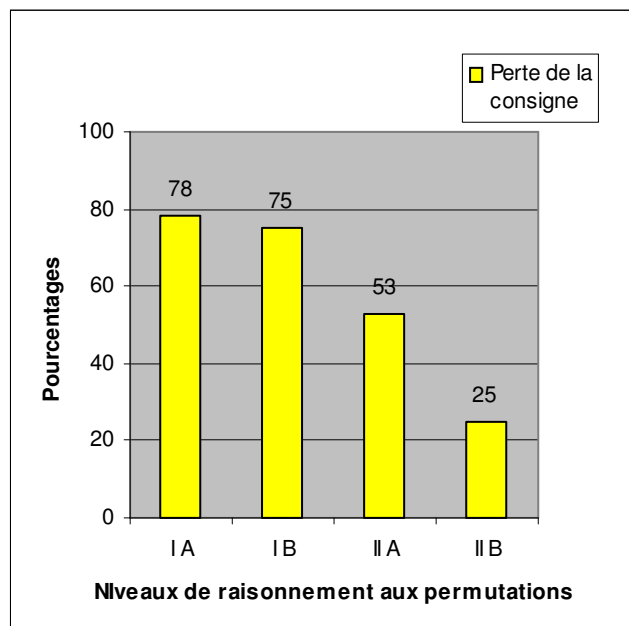


Figure 12 : Perte de la consigne en fonction du niveau de raisonnement aux permutations

Ce comportement évolue de façon bien plus régulière en fonction du niveau de raisonnement aux permutations : plus le niveau de raisonnement devient élevé, moins les enfants perdent la consigne.

III. Analyse qualitative des résultats

L'analyse des réactions, réponses et commentaires face aux épreuves proposées nous a permis de mieux comprendre le cheminement de la pensée de chacun, respectant ainsi nos choix théoriques et expérimentaux.

1. Réactions face aux épreuves

Avant de commencer la passation des tests, nous avons demandé à chaque enfant s'il aimait ou non les mathématiques à l'école : nous pensions pouvoir trouver un lien entre le goût avéré pour cette matière et la réussite à nos épreuves de combinatoire. La confrontation des données recueillies ne nous permet pas de tirer de telles conclusions : certains disaient apprécier les mathématiques mais n'ont pas réussi nos épreuves et, inversement, d'autres semblaient éprouver de l'aversion pour les mathématiques mais ont su répondre aux problèmes de combinatoire posés.

Par ailleurs, à l'issue des passations, nous avons questionné chaque enfant sur son ressenti face aux épreuves proposées. La plupart d'entre eux ont avoué s'être senti plus à l'aise avec les jetons qu'avec les dessins. L'épreuve des permutations leur a semblé plus facile, même si les résultats obtenus laissent supposer le contraire.

Enfin, nous avons constaté que les enfants manifestant un grand manque de confiance en eux ou une grande timidité éprouvaient plus de difficultés à répondre aux problèmes posés.

2. Réalisation à l'épreuve de parties d'ensemble

2.1. Influence des permutations

Une douzaine d'enfants, de tous niveaux scolaires et niveaux de raisonnement, se sont inspirés de leurs découvertes au pré-test pour résoudre notre épreuve : « *J'ai fait un peu comme les pions* ». Ils ont alors estimé et trouvé le même nombre de solutions que pour les permutations à trois jetons, allant parfois jusqu'à adopter la même méthode de résolution. L'un d'eux a ainsi seulement permuté l'ordre de production des différents accessoires sur les personnages, sans prendre en compte nos remarques et sans repérer ses doublons. Un autre a seulement envisagé les six associations possibles avec deux éléments.

2.2. Influence de l'anticipation

Avant de résoudre le problème de parties d'ensemble, les sujets devaient anticiper le résultat. Cette étape semble avoir influencé la réalisation chez certains.

Lorsque les enfants se sont aventurés à donner un nombre de solutions, la majorité d'entre eux, quel que soit leur niveau scolaire ou leur niveau de raisonnement, n'ont pas tenu compte de leur première estimation.

Huit enfants, répartis sur toutes les classes et avec des niveaux de raisonnement IA et IB aux permutations, se sont en revanche appuyés sur leur estimation de départ pour répondre au problème : ils n'ont pas pu s'en détacher ensuite et envisager d'autres possibilités.

Ainsi, l'un d'eux n'a pas souhaité ajouter à ses productions initiales la solution qu'il a découverte au cours de l'évocation. Un autre, après relecture de la consigne, a remplacé ses premières productions par de nouvelles, ne modifiant pas, de ce fait, le nombre final de solutions, tel qu'il l'avait envisagé. Un autre encore, estimant le nombre de solutions à quatre, mais en produisant cinq, dont un personnage sans rien, n'a finalement pas reconnu le « RIEN » comme solution : *« J'en ai laissé un pour qu'ils ne soient pas tous à côté »*.

Au moment de l'évocation, ces quelques enfants étaient assurés d'avoir trouvé toutes les solutions.

2.3. Influence de la perception

Cinq enfants, du CE1 au CM2 et de niveaux de raisonnement IA et IB, se sont fiés à leur perception pour résoudre le problème des parties d'ensemble.

Deux d'entre eux ont ainsi estimé le nombre de solutions en fonction du nombre de personnages représentés sur la feuille de passation : l'un les a tous complétés, l'autre n'a pu y parvenir et en a conclu qu'il n'avait pas trouvé toutes les solutions ; aucun d'eux n'a tenu compte de nos avertissements. Deux autres ont justifié leurs productions par le fait d'avoir réalisé chacun des dessins de la carte-mémoire. Le dernier a pensé qu'il n'avait pas trouvé toutes les solutions, la première ligne de personnages n'étant pas complètement remplie sur la feuille de passation.

3. Stratégies de résolution mises en place

3.1. Organisation hasardeuse

La majorité des enfants, de tous niveaux scolaires et de niveaux de raisonnement IA et IB, n'a pu s'organiser. Ils complétaient alors les personnages en se référant systématiquement à leurs productions précédentes ou à la carte-mémoire : « *J'ai essayé de mettre une chose, après d'en mettre plus. Après, quand je trouvais pas, je regardais ces choses-là et je cherchais si j'avais déjà mis.* » Ce manque d'organisation a favorisé l'oubli de solutions et la réalisation de doublons.

3.2. Fixation d'un invariant

Huit enfants, de tous niveaux scolaires et de tous niveaux de raisonnement, ont tenté de fixer un invariant et faire varier les autres éléments lors des associations. Cette stratégie a facilité la découverte des possibles, mais n'a pu être adoptée jusqu'à la fin de l'épreuve. Un enfant de CM1 et niveau de raisonnement IIB, au moment de la verbalisation, dit ainsi avoir « *essayé de prendre dans l'ordre et après de prendre ceux qui manquaient* ». Un autre, de CE2 et niveau de raisonnement IA, est parvenu à trouver toutes les solutions à un, deux et trois éléments avec les rollers, mais n'a pu se décentrer ensuite pour envisager les autres possibilités.

3.3. Organisation progressive

Une quinzaine d'enfants, de tous niveaux scolaires et de tous niveaux de raisonnement, ont envisagé dès le début de l'épreuve une stratégie. Certains sont partis du « TOUT » pour aller au « RIEN », en ôtant successivement un, puis deux, puis trois éléments aux personnages. D'autres ont adopté la progression inverse, en allant du « RIEN » vers le « TOUT ». Aucun de ces enfants n'a cependant pu trouver toutes les solutions : cinq d'entre eux ont ajouté de nouvelles solutions après relecture. Oublis et doublons n'ont pu être évités.

4. Types d'évocation rencontrés

4.1. Evocation floue

Souhaitant décrire leurs productions, mais ne pouvant s'y référer, une majorité d'enfants, de tous niveaux scolaires et de tous niveaux de raisonnement, se sont trouvés en difficulté. Les explications sont demeurées floues, hasardeuses, révélant le manque d'organisation lors de la réalisation : « *J'ai mis les rollers, les lunettes et la casquette, la montre... Après je sais plus.* », ou bien encore : « *J'ai regardé sur la photo et après j'ai mis les habits, et après j'en ai mis des différents. Et voilà.* »

4.2. Evocation descriptive

Bien qu'ils n'aient plus leur feuille sous les yeux au moment de l'évocation, une douzaine d'enfants, de tous niveaux scolaires et de tous niveaux de raisonnement hormis le IIB, ont su décrire avec précision leurs productions en s'aidant de la carte-mémoire. L'évocation coïncidait avec la réalisation, mais aucune stratégie de résolution n'a pu être verbalisée : « *En premier, j'ai mis la casquette et les lunettes. Après, j'ai fait un bonhomme juste avec ses rollers, et puis qu'avec sa montre, et puis qu'avec ses lunettes. Après, j'ai fait un bonhomme avec tout, et après, j'ai rien fait.* »

4.3. Evocation organisatrice

La verbalisation de la démarche adoptée s'est révélée plus claire que ce que ne laissait présager la réalisation chez trois enfants de CE1, CE2 et CM2, avec un niveau de raisonnement IIA aux permutations. L'évocation a permis d'organiser les productions, entraînant la découverte de nouvelles solutions : « *Première solution : je prends les quatre objets. Après, j'en prends un de chaque. Après, j'en prends deux. Enfin... j'essaie d'en assembler deux. Après j'en rassemble trois, et après que j'en ai trois, je pense que c'est fini. Mais je crois que j'ai oublié d'en faire.* »

4.4. Evocation claire

Les quelques enfants qui sont parvenus à expliciter leur démarche sont de tous niveaux scolaires, mais seulement de niveaux de raisonnement IIA et IIB aux permutations.

4.5. Certitude d'avoir trouvé toutes les solutions

Une dizaine d'enfants, de tous niveaux scolaires et de niveaux de raisonnement IA et IB, se sont montrés certains d'avoir trouvé toutes les solutions au problème posé. Ils se justifient alors par le fait d'avoir « *bien regardé depuis le début* », de ne plus trouver de possibilités ou bien de devoir faire « *tout le temps le même dessin* » s'ils poursuivent l'épreuve. Un des enfants nous a dit avoir « *essayé d'appeler [son] cerveau pour savoir s'il savait quelque chose et bien réfléchir pour trouver les solutions* ».

5. Observations supplémentaires

5.1. Représentation mentale d'une partie

Chez neuf enfants, de tous niveaux scolaires mais de niveau de raisonnement IA aux permutations, prendre une partie des accessoires pour habiller les personnages consiste à prendre chacun des accessoires une fois seulement, soit isolément, soit associés par deux. Par exemple, l'un d'eux a produit la montre et la casquette sur un personnage, les rollers sur un autre, les lunettes sur le suivant, et a laissé un personnage sans rien.

5.2. Productions fantaisistes

Trois enfants, de CE2 et niveaux de raisonnement IA et IB, ont tenté de mettre la montre une fois au bras droit, une autre au bras gauche, ou la casquette une fois à l'envers, une autre à l'endroit, ou bien encore les lunettes une fois sur les yeux, une autre sur la tête, ceci afin de multiplier les solutions. Un quatrième, scolarisé en CE2 et avec un niveau de raisonnement IB aux permutations, a estimé le nombre de solutions à quatre, et ainsi justifié ses productions :

« Au début, je voulais faire la casquette avec la montre et les lunettes avec les rollers. Et je me suis dit que ça pouvait pas aller. Alors j'ai mis la casquette et les lunettes qui protègent les yeux et la tête. Et sur un autre, j'ai mis la montre et les rollers, comme ça, il est sûr qu'il arrivera pas en retard. »

5.3. Remplissage de la feuille de passation

Cinq enfants, de tous niveaux scolaires et de tous niveaux de raisonnement, n'ont pas utilisé le sens conventionnel d'écriture pour remplir la feuille : l'un a commencé par la ligne du bas en remontant progressivement ; un autre a complété les personnages de droite à gauche ; un autre encore a produit les solutions par colonne ; enfin, deux enfants ont rempli la page de façon complètement aléatoire, en copiant de la droite vers la gauche les accessoires disposés sur la carte-mémoire.

Chapitre V
DISCUSSION DES RESULTATS

I. Analyse des résultats

1. Répartition de la population

Au regard de la théorie, nous pensions observer une corrélation entre l'âge ou le niveau scolaire des enfants et leur niveau de raisonnement aux permutations. Nous nous attendions ainsi à trouver une majorité d'enfants de stades IA et IB en cours élémentaire et une majorité d'enfants de stades IIA et IIB en cours moyen. Les résultats obtenus ne rendent pas compte de cette évolution. Si le stade IIB émerge bien en fin de primaire, la répartition des autres stades par classe demeure en revanche hétérogène.

1.1. A chacun son rythme

Rappelons que Piaget s'est attaché à décrire un sujet épistémique. Ainsi, l'ordre de succession des stades de développement piagétien demeure constant, tandis que la date de leur apparition peut varier d'un individu à l'autre (Longeot, 1969).

Les performances précoces ou tardives observées dans notre population pourraient s'expliquer par l'intervention de facteurs externes. La dynamique de développement serait propre à chaque enfant et non à un âge. Dans un contexte scolaire commun, chaque enfant construirait son raisonnement à son propre rythme, en fonction de ses expériences affectives personnelles et de ses interactions individuelles avec le milieu.

Selon Guidetti (2002), le rôle de la scolarité dans la construction du raisonnement ne devrait pas être sous-estimé : les adolescents non scolarisés ne maîtriseraient pas les opérations formelles. Au vu de nos résultats, nous pouvons supposer que l'école ne donnerait pas les moyens nécessaires à l'enfant pour qu'il développe son raisonnement de manière optimale. Le rôle du rééducateur serait alors de s'ajuster à son niveau de pensée et lui permettre, en le plaçant dans une situation adaptée, d'acquérir les outils indispensables à la construction de sa pensée. Il ne se limiterait à la mise en place de compensations (Jaulin-Mannoni, 1973).

1.2. Des troubles passés inaperçus

La présence du niveau de raisonnement IA en CM2 pourrait rendre compte de troubles du raisonnement qui seraient passés inaperçus dans les apprentissages scolaires.

Selon Bak (2000), les enfants avec trouble du raisonnement logique sont capables de faire illusion un temps en mettant en place des moyens de compensation : soit ils mémorisent toutes les informations qu'ils reçoivent, soit ils recourent à des automatismes de pensée ou astuces logiques. Mais ne permettant pas d'établir de liens entre les informations enregistrées, les moyens mnésiques mis en œuvre s'avèrent bientôt limités. Et les automatismes de pensée, adoptés quand la mémoire ne suffit plus, ne peuvent convenir à toutes les situations-problèmes rencontrées. Ainsi, plus les exigences scolaires deviennent élevées, plus ces enfants se trouvent en difficultés.

Etant donné la tranche d'âge dans laquelle se situe notre population, nous pouvons imaginer que, si des moyens de compensation ont été mis en place par les enfants présentant un faible niveau de raisonnement pour leur âge, ceux-ci suffisent encore pour suivre une scolarité primaire ordinaire. Dans ces conditions, d'éventuels troubles du raisonnement ne se révéleraient pas dans les apprentissages.

1.3. Une mauvaise estimation des niveaux de raisonnement

L'entretien clinique piagétien vise à comprendre et faire évoluer la pensée de l'enfant à travers un questionnement adapté à chacun (Perraudeau, 2002). N'ayant pas rigoureusement appliqué la méthode expérimentale de Piaget et ne possédant pas le degré de maîtrise qu'elle requiert, nous nous posons la question de la fiabilité des niveaux de raisonnement que nous avons attribués à l'issue de l'épreuve des permutations. Les singularités observées dans la répartition de notre population pourraient dévoiler une évaluation imprécise de notre part.

Avec le recul, nous pensons que pour mieux cibler le niveau de raisonnement de notre population, des épreuves de classification et de sériation, mettant en jeu les deux types d'opérations synthétisées par les opérations formelles, auraient été plus pertinentes.

2. Evolution des procédures mises en œuvre par les enfants à l'épreuve de parties d'ensemble

Les résultats obtenus reflètent une évolution des procédures mises en œuvre par les enfants, plus régulière en fonction des niveaux de raisonnement que des niveaux scolaires.

2.1. Une évolution corrélée aux niveaux de raisonnement aux permutations

Reliés aux niveaux de raisonnement aux permutations, l'ensemble des résultats rapportés permettent de constater une progression régulière et significative aux parties d'ensemble.

Aux dires des enfants et au vu des programmes scolaires (Ministère de l'Education Nationale, 2008), les deux épreuves que nous avons présentées ne s'apparentent pas aux exercices habituellement proposés à l'école. En outre, contrairement aux activités scolaires, nos épreuves ne font pas l'objet d'un apprentissage préalable : l'enfant est contraint de mettre en œuvre des mécanismes personnels de raisonnement. De ce fait, la corrélation observée entre les deux épreuves de combinatoire paraît cohérente. La répartition hétérogène des niveaux de raisonnement aux permutations par classe expliquerait alors l'absence de lien entre l'évolution des procédures mises en œuvre par les enfants aux parties d'ensemble et l'évolution scolaire.

2.2. Une évolution marquée par des résultats singuliers au stade IB des permutations

Globalement monotones, les courbes obtenues en fonction du niveau de raisonnement aux permutations sont parfois marquées par une singularité au stade IB : soit nous avons mal estimé le niveau de raisonnement de ces enfants aux permutations, soit ces résultats font apparaître un comportement naturel des enfants de ce stade.

Selon Piaget & Inhelder (1955), le niveau de raisonnement IB aux permutations se caractérise par la découverte non consciente de quelques régularités, ne permettant pas à l'enfant de dégager le système en lui-même. Si ce sous-stade se distingue clairement du IIA, entre autres par l'impossibilité de trouver toutes les permutations possibles avec trois éléments, la frontière entre les niveaux de raisonnement IA et IB nous a en revanche semblé plus floue dans certaines situations, ce particulièrement au début des expérimentations en raison de notre manque d'expérience. Les résultats singuliers observés sur les courbes en fonction des niveaux de raisonnement aux permutations pourraient mettre en évidence notre propre hésitation à parfois classer correctement les enfants.

Ces singularités pourraient également marquer une étape transitoire dans le développement du raisonnement à notre épreuve : au stade IB, les enfants commenceraient à s'approprier un espace de pensée et se montreraient plus téméraires au cours de l'activité de parties d'ensemble que leurs camarades de niveaux de raisonnement inférieur et supérieurs ; tel le jeune enfant qui multiplie les chutes parce qu'il commence à marcher, ils commettraient nécessairement plus d'erreurs que les enfants appartenant aux autres stades. Ce stade refléterait l'état de déséquilibre qui annonce, dans la théorie piagétienne, la mise en place d'un nouvel équilibre du système cognitif de l'enfant.

3. Comment les enfants ont-ils anticipé la réalisation ?

L'anticipation devait nous permettre de savoir, d'une part si l'enfant avait compris la consigne, d'autre part s'il pouvait déjà raisonner mentalement. Elle a en outre révélé un certain niveau de mobilité de pensée, selon la possibilité pour chacun de s'en détacher ou non au moment de la réalisation : nous aborderons ce point lors de l'analyse des productions.

A cette étape même du déroulement de l'épreuve, tel que nous nous y attendions, la plupart des enfants n'ont pu anticiper le résultat. Pour notre population, la pensée ne peut en théorie opérer que sur du concret. Or, la capacité à émettre des hypothèses nécessite de pouvoir manipuler mentalement les informations présentées : l'anticipation n'émergerait ainsi selon Piaget qu'autour de 12 ans. L'observation des résultats fait toutefois apparaître une évolution de ce comportement en fonction des niveaux de raisonnement aux permutations.

3.1. Une anticipation impossible au stade IA

L'incapacité à anticiper le nombre de solutions à l'épreuve des parties d'ensemble – incapacité qui se traduit par une absence de réponse – est plus largement représentée dans le groupe d'enfants estimés avec un niveau de raisonnement IA aux permutations. A ce stade, les enfants ne peuvent pas non plus prévoir de méthode de résolution. Les rares sujets ayant souhaité nous répondre se sont référés au pré-test des permutations. Ce comportement pourrait dévoiler une difficulté à se décentrer d'un point de vue et à ajuster la pensée à une nouvelle expérience, difficulté propre à ce niveau de raisonnement selon Piaget.

3.2. Des tentatives d'anticipation aux stades IB et IIA

L'analyse quantitative des résultats révèle de façon significative l'émergence de tentatives d'anticipation dans les groupes d'enfants appartenant aux stades IB ou IIA aux permutations : les enfants « se jettent à l'eau », estiment plus volontiers le nombre de solutions à notre épreuve, mais toujours de manière incorrecte. D'après l'analyse qualitative des résultats, ils s'appuient alors essentiellement sur leur perception. Aucun enfant de ces deux groupes ne peut en revanche anticiper de méthode de résolution. *A priori* encore incapables de manipuler mentalement les informations fournies, ils se trouveraient en difficulté pour planifier leur organisation : ils profiteraient ainsi de l'expérience concrète pour s'organiser.

3.3. Un début d'anticipation au stade IIB

C'est au stade IIB des permutations que commencent à apparaître les premières estimations correctes du nombre de solutions à notre épreuve. Un quart des enfants parvient également à s'organiser mentalement avant de manipuler le matériel. Etant donné le faible effectif de ce groupe d'enfants, ce comportement ne peut être interprété comme caractéristique de ce niveau de raisonnement. Les résultats ne font qu'évoquer une pensée toujours plus mobile et des capacités d'abstraction grandissantes.

4. Etape de réalisation

4.1. Des réponses de plus en plus précises

Notre épreuve met en évidence une évolution dans la précision des réponses apportées par les enfants lorsqu'on la mesure en fonction du niveau de raisonnement : l'écart entre le nombre moyen de productions et le nombre moyen de bonnes réponses se réduit progressivement. Ainsi, l'oubli de solutions et la production de doublons, s'ils ne sont jamais complètement évités, tendent toutefois à diminuer avec le développement de la pensée.

L'analyse quantitative des réponses données à notre épreuve nous a en outre permis d'observer sur la courbe des doublons une singularité au stade IB. Cette singularité pourrait faire apparaître un type de comportement propre à chaque niveau de raisonnement : la découverte de solutions, limitée par la perception au stade IA, serait intuitive au stade IB, et de plus en plus maîtrisée aux stades suivants.

4.1.1. Une pensée figurative au stade IA

D'après nos résultats :

- Les enfants de ce groupe produisent en moyenne une dizaine de solutions, avec neuf bonnes réponses sur les seize attendues.
- Un peu plus d'un tiers des enfants produisent des doublons.
- Le nombre de réponses est fortement influencé par l'anticipation, les permutations et la perception.

Ainsi, la découverte limitée de solutions au stade IA s'expliquerait par des difficultés pour l'enfant à s'affranchir de l'image mentale qu'il s'est construite à l'étape d'anticipation, à l'épreuve de permutations, ou à partir de la carte-mémoire au moment de l'énonciation de la consigne. Cette incapacité à se détacher de l'image mentale l'empêcherait de dépasser ses productions initiales et d'envisager de nouvelles solutions. Il se situerait alors dans une pensée figurative.

4.1.2. Une pensée intuitive au stade IB

D'après nos résultats :

- Les enfants de ce groupe produisent en moyenne près de treize solutions, avec onze bonnes réponses sur les seize attendues.
- Deux tiers des enfants produisent des doublons.
- Le nombre de réponses reste fortement influencé par l'anticipation, les permutations et la perception.

Les enfants de stade IB s'impliqueraient davantage dans la découverte de solutions. Ils commenceraient à s'affranchir de l'image mentale qu'ils se sont construite, prenant alors conscience de l'existence possible de nouvelles solutions. Mais faute de mobilité rétroactive, ils ne pourraient éviter les doublons. La pensée serait à ce niveau intuitive.

4.1.3. Une maîtrise grandissante aux stades IIA et IIB

D'après nos résultats :

- Les enfants du groupe IIA produisent en moyenne entre treize et quatorze solutions, avec treize bonnes réponses sur les seize attendues. Les enfants du groupe IIB produisent en moyenne un peu moins de seize solutions, avec quinze bonnes réponses sur les seize attendues.
- Dans les deux groupes, un quart de la population produit des doublons.
- Le nombre de réponses n'est plus influencé ni par l'anticipation, ni par les permutations, ni par la perception.

En produisant un plus grand nombre de solutions mais moins de doublons, les enfants de stades IIA et IIB maîtriseraient ainsi de plus en plus la découverte de solutions. Ils feraient preuve d'un niveau de flexibilité mentale de plus en plus élevé. L'image mentale deviendrait alors un outil pour modifier le point de vue au cours de l'épreuve et envisager de nouvelles solutions. Les enfants accèderaient à la réversibilité de la pensée et se situeraient de fait dans la pensée opératoire.

4.2. Une compréhension progressive de la notion de partie

Notre épreuve se distingue de celle des permutations par l'ajout de la notion de partie. L'enfant doit comprendre à travers ce terme que chacun des éléments peut être pris isolément, mais qu'ils peuvent aussi être associés par deux ou par trois. Enfin, il doit pouvoir envisager le « TOUT » et le « RIEN ». Au vu des résultats quantitatifs et qualitatifs recueillis, il semble que la notion de partie soit de mieux en mieux comprise par les enfants lorsqu'ils sont appariés en fonction de leur niveau de raisonnement aux permutations.

4.2.1. Le « TOUT » et le « RIEN »

Alors que le « TOUT » et le « RIEN » apparaissent clairement dans la consigne, ces deux productions sont dans un premier temps omises par une très large proportion de sujets. Les enfants, qui se consacraient d'abord à la notion de partie évoquée en fin de consigne, en oublieraient le reste de l'énoncé. Ces observations peuvent évoquer un problème de mémorisation : l'encodage et le traitement de toutes les informations données dans la consigne requerraient un coût cognitif trop important pour les enfants présentant un faible niveau de raisonnement. Par ailleurs, au regard de la théorie piagétienne (1991), les enfants n'auraient pas de vue d'ensemble de toutes les solutions possibles : ils ne sauraient pas encore utiliser l'image mentale comme un outil pour réfléchir.

De moins en moins oubliés, le « TOUT » et le « RIEN » sont systématiquement produits au stade IIB. Ces deux notions seraient alors comprises et intégrées.

4.2.2. Le « RIEN »

L'analyse des résultats nous a permis de constater que le « RIEN » est davantage oublié que le « TOUT ». Les enfants pourraient ainsi éprouver des difficultés à laisser un personnage « vide », incompatible avec une logique d'opérations concrètes (Piaget, 1991). Dans les groupes IA, IB et IIA, ils ne pourraient faire appel à l'élément absent, puisqu'ils prendraient appui sur le réel pour raisonner.

Cette partie vide deviendrait toutefois de plus en plus concevable avec l'évolution du raisonnement ; elle est acquise au stade IIB.

4.2.3. L'élément unique

D'après nos données, les enfants de tous les groupes ont oublié au moins une solution à un élément. Bien que ces oublis tendent à diminuer, ces résultats nous surprennent. Ces solutions nous semblaient être, en effet, les plus évidentes, car fortement liées à la perception des accessoires représentés isolément sur la carte-mémoire. Au regard de l'analyse qualitative des résultats, nous pensons que l'enfant s'attacherait plus à faire apparaître au moins une fois chaque accessoire dans ses productions plutôt qu'à épuiser toutes les solutions à un élément. Il ne parviendrait pas à se faire une représentation stable d'une partie et serait dans la confusion du tout et de la partie (Piaget, 1991).

4.2.4. Les associations d'éléments

Nous avons pu constater que la majorité des enfants de tous les groupes omettent au moins une association de deux et de trois éléments. Ces oublis diminuent avec le développement de la pensée : plus la méthode d'association est comprise, moins il y a d'oublis.

L'analyse qualitative des résultats nous a, par ailleurs, permis d'observer des comportements particuliers aux stades IA et IB. Pour certains enfants, prendre une partie des accessoires consiste à les produire une fois chacun, dans des associations ou non : ces enfants sauraient ainsi manipuler les unités, mais ne seraient pas encore entrés dans le processus de combinatoire. Pour d'autres, les personnages habillés des mêmes accessoires, mais placés à divers endroits (telle la montre qui peut être mise au poignet droit ou gauche), constituent des solutions différentes. Ces enfants ne se limiteraient pas aux associations des accessoires proposés : ils considèreraient également les parties du personnage comme éléments. Quelles que soient leurs productions, les enfants de stades IA et IB se fieraient à leur perception et n'auraient pas encore de vision d'ensemble des mécanismes d'association.

4.3. Une méthode de résolution de plus en plus organisée

L'absence d'organisation diminue au profit d'une réelle recherche et de la mise en place d'une méthode de résolution, à la fois en fonction du niveau scolaire et du niveau de raisonnement aux permutations. Cette évolution similaire laisse penser que l'enfant apprendrait à s'organiser à l'école et saurait mettre en œuvre cet apprentissage, malgré son niveau de raisonnement aux permutations plus faible. La mise en place d'une organisation engendrerait une plus forte mobilisation de la pensée chez les enfants avec le niveau de raisonnement le plus élevé.

4.3.1. Organisation hasardeuse aux stades IA et IB

L'analyse qualitative des résultats nous a permis de constater qu'aux stades IA et IB, l'organisation des productions reste hasardeuse et dépendante de la perception : les enfants découvrent de nouvelles solutions en fonction de leurs productions précédentes et en se référant systématiquement à la carte-mémoire. Ils procèdent de proche en proche. Cette absence de stratégie a favorisé les oublis de solutions et la production de doublons.

Lorsque les enfants ont cherché à s'organiser, leurs tentatives ont révélé une influence des stratégies découvertes au cours de l'épreuve des permutations. Ne parvenant pas à se décentrer de cette épreuve, ils n'ont alors pas su prendre en compte les changements de consigne : dans les parties d'ensemble, l'ordre n'intervient plus et les éléments ne sont pas systématiquement tous pris. Lorsqu'ils ont su fixer un invariant, ils n'ont pu reproduire cette stratégie sur toutes les associations possibles et ajuster leur raisonnement au nouveau matériel.

Ainsi, avec des niveaux de raisonnement IA et IB aux permutations, les enfants ne peuvent s'organiser pour les parties d'ensemble et donc mener à bien la tâche proposée : de nombreuses associations n'ont pas été envisagées. Ils ne pourraient encore se représenter mentalement toutes les combinaisons possibles, l'apprentissage passant essentiellement par l'expérience.

4.3.2. Organisation facilitatrice au stade IIB

D'après nos résultats, tous les enfants du groupe IIB s'organisent, ce qui leur facilite la découverte des solutions. A ce stade, la verbalisation est plus présente : elle deviendrait un support nécessaire à l'organisation de la pensée.

Au regard de l'analyse qualitative des résultats, les enfants de ce groupe s'organisent en fixant un invariant lors des associations d'éléments, tel qu'ils l'avaient déjà fait aux permutations, et/ou en optant pour une progression dans la production de leurs réponses, en partant du « TOUT » pour aller au « RIEN » ou inversement. Les enfants arrivent à mettre en place des stratégies mais aucune d'elles ne leur permet, à ce stade, de trouver toutes les solutions. En effet, rares sont les enfants qui adoptent les deux à la fois, car c'est leur complémentarité qui permet la découverte de toutes les solutions.

Ainsi, à ce niveau de pensée, les enfants commenceraient à se représenter mentalement l'organisation à adopter pour résoudre au mieux le problème. S'affranchissant de l'image mentale, ils parviendraient à se détacher de leur action précédente et prendre en compte les données nouvelles en les intégrant à leur mode de pensée actuelle. Ils feraient preuve d'une pensée plus mobile.

4.4. L'apparition progressive d'un traitement simultané des différents éléments de la consigne au cours de la relecture

L'analyse des réponses produites après relecture nous a permis d'observer un faible repérage de doublons au profit de la découverte de nouvelles solutions dans tous les groupes d'enfants : ces deux comportements isolés tendent cependant à diminuer avec l'évolution de la pensée, si bien que le seul repérage de doublons n'existe plus au stade IIB. A ce stade, nos résultats ont fait émerger une capacité à simultanément repérer des doublons et découvrir de nouvelles solutions. Les enfants parviendraient ainsi de plus en plus à traiter simultanément toutes les informations de la consigne, à les visualiser mentalement et à les mettre en lien. La construction de l'image mentale aurait évolué.

Nous avons par ailleurs pu constater que les courbes d'évolution étaient encore une fois marquées au stade IB : le repérage de doublons n'est plus effectué, la majorité des enfants s'attelant seulement à la découverte de nouvelles solutions. C'est aussi pourtant dans ce groupe que le plus grand nombre de doublons est produit. N'éprouvant pas le besoin de revenir sur leurs productions initiales, il semblerait que les enfants du groupe IB les jugent correctes, voire infaillibles. Ils feraient ainsi preuve d'une pensée irréversible.

5. Comment les enfants ont-ils évoqué la réalisation ?

L'évocation nous a semblé indispensable pour mieux cerner le cheminement du raisonnement de l'enfant. L'analyse qualitative des propos recueillis lors de cette étape a permis de faire émerger quatre comportements :

- une verbalisation floue de l'expérience, au mieux descriptive, chez la plupart des enfants de tous niveaux de raisonnement excepté le IIB ;
- une verbalisation qui organise l'expérience chez des enfants de niveau de raisonnement IIA ;
- une verbalisation claire et consciente de l'expérience chez des enfants de niveaux de raisonnement IIA et IIB.
- Quelques enfants seulement, de niveaux de raisonnement IA et IB, se sont montrés certains d'avoir trouvé toutes les solutions au problème, se justifiant par leur incapacité à en découvrir de nouvelles.

5.1. Une pensée peu mobile aux stades IA et IB

Une partie de notre population s'inscrit dans une modalité de pensée à dominante figurative. Ce mode de pensée s'appuie principalement sur la perception et la mémoire, caractéristiques de sa dépendance au réel. Ainsi, dans une étude sur la figurativité, Dolle (1994) évoque les propos descriptifs d'enfants qui s'étonnent qu'on leur demande de se justifier, puisque tout leur paraît évident : il suffit de regarder ou de se rappeler. Mais se rappeler est difficile, d'une part parce qu'il n'est pas possible de retenir puis d'évoquer toutes les particularités du réel, d'autre part parce qu'il s'agit d'organiser son discours pour le rendre compréhensible à autrui. Les évocations floues et purement descriptives que nous avons recueillies révéleraient ainsi, chez les enfants concernés, une incapacité à se détacher du réel pour opérer mentalement : l'image mentale ne pourrait pas être utilisée pour raisonner.

L'assurance avec laquelle certains enfants des groupes IA et IB nous ont affirmé avoir trouvé toutes les solutions, puisqu'ils ne pouvaient en découvrir d'autres, suggèrerait par ailleurs l'« *égocentrisme* » intellectuel de Piaget (Dolle, 1999). La pensée de ces enfants semble ainsi centrée sur leur propre point de vue, incapable d'en envisager d'autres car dominée par des images mentales statiques.

5.2. Une pensée de plus en plus mobile jusqu'au stade IIB

L'étape d'évocation semble avoir permis à certains de réorganiser mentalement le réel et ainsi structurer leur réflexion, entraînant parfois la découverte de nouvelles solutions. Ces enfants se situeraient dans une période transitoire de pensée dite intuitive. D'abord limités dans leur raisonnement avec le support, comme dépendants de leur perception, ils parviendraient ensuite à manipuler les informations mentalement, et ce, de manière plus aisée. Ce comportement nous évoque une mobilité de pensée rétroactive, selon laquelle les enfants seraient capables de revisiter et réorganiser leurs productions initiales, en prenant alors conscience de leurs erreurs.

Les enfants d'emblée capables de nous expliquer de manière fidèle et précise la stratégie qu'ils ont mise en œuvre auraient, quant à eux, une bonne représentation mentale de leur organisation. Par un raisonnement conscient, ils parviendraient à se détacher de l'image mentale et prendre en compte plusieurs points de vue. Ainsi, au regard de la théorie piagétienne, ces enfants auraient acquis la logique opératoire concrète, qui leur permettra d'accéder ensuite à la pensée hypothético-déductive propre au stade des opérations formelles.

6. Permutations et parties d'ensemble : évaluation de la difficulté

Bien que la notion d'ordre n'intervienne pas dans les parties d'ensemble, contrairement aux permutations, nous estimions cette activité de combinatoire plus difficile que celle des permutations : avec quatre éléments, l'enfant doit, en effet, être capable d'envisager le tout, la partie vide, et les parties qui correspondent à chacun des éléments pris isolément et à toutes les associations possibles de deux et trois éléments. Sans organisation ni rigueur, la découverte de toutes les possibilités nous semblait laborieuse. En outre, la formule mathématique des parties d'ensemble (2^n) nous paraissait plus complexe à trouver que celle des permutations ($n!$).

6.1. Permutations : un matériel concret plus aisé à manipuler

L'analyse qualitative des réactions face aux deux épreuves nous a permis de constater que les enfants se sentent plus à l'aise dans l'épreuve des permutations que dans celle des parties d'ensemble. Ce sentiment général serait davantage dû au matériel proposé qu'aux épreuves en elles-mêmes. Les jetons de l'épreuve des permutations, bien concrets, facilitent ainsi la manipulation matérielle que ne permet pas en revanche le support papier proposé dans l'épreuve des parties d'ensemble : figées par la trace écrite, les productions sont plus difficilement corrigées et ne peuvent être réorganisées au cours de l'épreuve. En raison du matériel proposé, notre épreuve de parties d'ensemble nécessiterait donc de pouvoir déjà se servir de l'image mentale, contrairement à celles des permutations.

6.2. Permutations et parties d'ensemble : des niveaux de difficulté non mesurables

L'analyse quantitative des résultats a permis de rendre compte de la difficulté pour les enfants à se représenter la partie d'un ensemble, mais pas de la mesurer. En outre, si les propos des enfants semblaient d'abord corroborer notre hypothèse, leur analyse ne permet toutefois pas de conclure. Au regard de l'ensemble des éléments recueillis, nous ne pouvons donc classer de façon objective ces deux épreuves selon leur niveau de difficulté, d'autant plus qu'aucune des deux n'a pu être résolue.

Avec le recul, nous pensons qu'il aurait fallu, comme pour les permutations, proposer notre problème de parties d'ensemble en deux étapes, avec dans un premier temps trois accessoires, et dans un deuxième, quatre. Nous aurions ainsi facilité la démarche de généralisation qui ne peut exister dans le cas de figure actuel : la généralisation d'une méthode nécessite au préalable son application et sa validation dans plusieurs situations.

II. Validation des hypothèses

Nous pensions que les niveaux scolaires nous donneraient les niveaux de raisonnement aux permutations. Nous nous attendions ainsi à trouver les niveaux de raisonnement les plus bas en cours élémentaire et les niveaux de raisonnement les plus élevés en cours moyen. Les résultats recueillis viennent infirmer notre première hypothèse : la répartition des niveaux de raisonnement aux permutations par classe se révèle hétérogène.

Nous supposions, par ailleurs, que les procédures mises en œuvre par les enfants aux parties d'ensemble dépendraient du niveau de raisonnement déterminé à l'épreuve des permutations. Au vu des résultats, cette deuxième hypothèse est validée : l'évolution des procédures mises en œuvre par les enfants dans l'épreuve des parties d'ensemble s'avère corrélée aux niveaux de raisonnement aux permutations.

Ainsi, notre hypothèse générale est en partie validée. Si, tel que nous venons de l'évoquer, les résultats recueillis ne nous ont pas permis d'établir de lien entre classes d'âge et niveaux de raisonnement, ils ont en revanche révélé une évolution des procédures mises en œuvre par les enfants aux parties d'ensemble, évolution plus significative en fonction des niveaux de raisonnement aux permutations que des niveaux scolaires. Nous nous proposons de rappeler ici les comportements observés, au regard de la théorie piagétienne.

		Parties d'ensemble		
		Anticipation	Réalisation	Evocation
Permutations	Stade IA	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'anticipation. 	<ul style="list-style-type: none"> - 9 bonnes réponses en moyenne. - Productions fortement influencées par l'anticipation et la perception, parfois fantaisistes. - Difficulté à traiter tous les éléments de la consigne, d'où de nombreux oublis et doublons. - Difficulté à intégrer la partie vide et comprendre la notion même de partie. - Difficulté à mettre en œuvre des stratégies d'association. - Organisation hasardeuse et dépendante de la perception. - Difficulté à corriger et compléter les productions initiales à la relecture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evocation impossible sans support. - Verbalisations floues et descriptives de l'expérience. - Difficulté à se décentrer de son propre point de vue.
	Stade IB	<ul style="list-style-type: none"> - Tentatives erronées d'anticipation du résultat, fortement dépendantes de la perception. - Planification de l'organisation impossible. 	<ul style="list-style-type: none"> - 11 bonnes réponses en moyenne. - Productions toujours fortement influencées par l'anticipation et la perception, parfois fantaisistes. - Difficulté à traiter tous les éléments de la consigne, d'où de nombreux oublis. - Production de doublons plus fréquente qu'au stade précédent. - Difficulté à intégrer la partie vide et comprendre la notion même de partie. - Difficulté à mettre en œuvre des stratégies d'association. - Organisation hasardeuse et dépendante de la perception. - Découverte de nouvelles solutions mais repérage de doublons impossible à la relecture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evocation difficile sans support. - Verbalisations floues et descriptives de l'expérience - Difficultés à se décentrer de son propre point de vue.
	Stade IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Tentatives erronées d'anticipation du résultat, encore dépendantes de la perception. - Difficultés de planification de l'organisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - 13 bonnes réponses en moyenne. - Difficulté à traiter tous les éléments de la consigne, mais oublis et doublons moins fréquents qu'aux stades précédents. - Compréhension partielle de la notion de partie. - Débuts d'organisation et mise en œuvre de stratégies d'association. - Correction ou achèvement des productions initiales à la relecture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verbalisation descriptive, parfois organisatrice de l'expérience. - Débuts de verbalisation consciente.
	Stade IIB	<ul style="list-style-type: none"> - Premières estimations correctes du résultat. - Débuts d'anticipation de l'organisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - 15 bonnes réponses en moyenne. - Capacité grandissante à traiter l'ensemble des données de la consigne, d'où oublis et doublons limités. - Production systématique du « TOUT » et du « RIEN ». - Compréhension grandissante de la notion de partie. - Début d'organisation facilitatrice. - Mises en œuvre de stratégies de résolution : fixation d'un invariant et/ou progression dans la production des réponses. - Verbalisation au cours de l'épreuve, comme support de l'organisation de la pensée. - Capacité à simultanément repérer des doublons et découvrir de nouvelles solutions à la relecture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verbalisation claire et consciente de l'expérience. - Mobilité de pensée.

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats obtenus aux parties d'ensemble en fonction des niveaux de raisonnement aux permutations

Nous nous étions interrogées sur le niveau de difficulté des deux épreuves que nous avons proposées. Nous pensions que l'épreuve des parties d'ensemble, de par la diversité de ses éléments à manipuler et de par sa formule mathématique, mettrait plus en difficulté l'enfant que celle des permutations. Si les propos recueillis mettent en évidence une manipulation matérielle plus aisée aux permutations, l'analyse des procédures mises en œuvre par les enfants ne permet pas de conclure. Nécessitant une pensée opératoire concrète, aucune des deux épreuves proposées n'a pu être résolue. Nous manquons d'éléments objectifs de comparaison pour évaluer le niveau de difficulté de ces épreuves.

III. Apports de notre travail

1. Apports cliniques

1.1. Bilan logico-mathématique

Au cours d'un bilan logico-mathématique, l'orthophoniste détermine le niveau d'acquisition des structures logiques et mathématiques. Entre autres afin de donner du sens aux difficultés de l'enfant, un certain nombre d'épreuves piagétienne sont habituellement proposées (Damouche, 1997). C'est ainsi que le test des permutations trouve sa place dans les bilans : en mettant l'enfant dans une ambiance différente de celle qu'il connaît à l'école, elle permet de savoir si sa pensée est organisée ou non. Les permutations pouvant être transposées aux chiffres ou aux lettres, elles sont utiles pour apprécier les difficultés de l'enfant dans le domaine du langage écrit (Causse-Mergui, 2000).

Parce qu'elle met en jeu d'autres procédures de raisonnement et parce qu'elle intègre les notions de tout et parties qui sont à la base des opérations et de la numération, l'épreuve de parties d'ensemble que nous avons proposée pourrait également faire partie du bilan logico-mathématique. Les observations recueillies au cours de notre travail permettent de se faire une idée de l'évolution du raisonnement à cette épreuve et des capacités de compréhension des notions de tout et parties. La validation de nos résultats sur une plus large population et la poursuite de notre étude sur des collégiens sont cependant nécessaires pour une utilisation plus rigoureuse de cette épreuve.

1.2. Prise en charge logico-mathématique

La potentielle prise en charge qui fait suite au bilan doit permettre à l'enfant d'acquérir une pensée plus mobile et une assurance vis-à-vis de son raisonnement, pour plus d'autonomie dans les apprentissages, une utilisation pertinente des savoirs scolaires, et de fait, un moindre coût cognitif.

La proposition de jeux de logique et d'activités centrées sur la combinatoire n'est pas rare en rééducation orthophonique (Op de Beeck, 1999). Ces outils permettent en effet la décentration de la pensée –puisque différentes procédures peuvent être envisagées pour aboutir à un même résultat–, et la mise en œuvre de stratégies –indispensables pour

l'organisation d'un grand nombre de possibilités. Ils permettent aussi de travailler la numération et les opérations qui se construisent par expérience.

Ainsi, les activités de parties d'ensemble ont leur place dans la prise en charge logico-mathématique. Les observations recueillies au cours de notre travail devraient permettre de mieux cibler les difficultés de l'enfant sur ce type de tâche et d'adapter en conséquence l'exercice. Pour les plus jeunes par exemple, les parties d'ensemble devraient être abordées avec un matériel plus concret que le seul support papier : une figurine et des accessoires manipulables seront plus volontiers proposés.

2. Apports personnels

Ce travail de recherche nous a amené, d'une part à approfondir nos connaissances sur le développement de la pensée chez l'enfant, d'autre part à nous familiariser avec la démarche clinique piagétienne. De ces expériences ont découlé un certain nombre d'enseignements, tels que :

- Savoir se poser les bonnes questions lors de l'évaluation des compétences logiques de l'enfant : comment s'organise-t-il ? Peut-il mener un raisonnement à son terme ? Peut-il l'exprimer ? De quoi est-il sûr ? Le résultat ne compte pas tant que la manière d'y aboutir.
- Ne pas perdre de vue que la logique propre à un enfant n'est ni bonne ni mauvaise : elle correspond à une étape de son développement.
- Considérer l'enfant dans sa globalité ; tenir compte du milieu dans lequel il évolue et de son histoire personnelle qui peuvent expliquer sa logique : ne pas s'arrêter à son âge ou son niveau scolaire.
- L'accompagner dans ses apprentissages, son évolution et ses réflexions, sans jamais vouloir lui enseigner un raisonnement hypothético-déductif.
- Respecter les étapes d'anticipation, réalisation et évocation pour chaque tâche logico-mathématique proposée, afin de permettre à l'enfant de prendre conscience de ses actions et de faire évoluer sa pensée.
- Etre attentif aux termes employés et ce à quoi ils renvoient chez l'enfant ; adapter son vocabulaire.
- Prendre soin de valoriser le patient, lorsque sa timidité, ou son manque de confiance en lui, l'empêchent d'avancer.

IV. Limites et perspectives de recherche

1. Choix du pré-test

Nous avons pris soin d'exclure de notre population tout enfant ayant redoublé ou étant suivi en orthophonie pour éliminer de fait d'éventuels troubles logico-mathématiques. En proposant l'épreuve piagétienne des permutations en pré-test, nous nous attendions ainsi à observer une corrélation entre le niveau scolaire et le niveau de raisonnement des enfants. Au vu des résultats, il est possible que certains enfants de notre population présentent des

troubles logico-mathématiques qui n'auraient jusque-là pas gêné les apprentissages scolaires.

Afin de mieux cibler notre population et éliminer les enfants qui n'auraient pas été signalés auprès d'un(e) orthophoniste, il aurait sans doute fallu proposer, en amont de l'épreuve des permutations, une épreuve de classification et une autre de sériation : ces deux activités mettent en jeu les deux types d'opérations synthétisées au moment des opérations formelles.

2. Fiabilité des niveaux de raisonnement estimés à l'épreuve de permutations

Etant donnée l'absence de corrélation entre le niveau scolaire et le niveau de raisonnement aux permutations, nous nous posons la question de la fiabilité des niveaux de raisonnement que nous avons estimés.

Selon Dolle (1999), la méthode expérimentale de Piaget est difficile à pratiquer et nécessite une grande expérience avant de pouvoir être maîtrisée. Cette expérience nous a de toute évidence manqué, et en particulier aux débuts de nos expérimentations : nous n'étions pas en mesure de juger de la pertinence de nos questions pour guider l'enfant dans son raisonnement. Il est donc possible que nous ayons parfois sous-estimé les capacités de raisonnement de notre population sur l'épreuve des permutations.

3. Déroulement de l'épreuve des parties d'ensemble

Avec le recul, nous pensons qu'il aurait été intéressant, comme pour les permutations, de proposer notre épreuve en deux étapes, avec dans un premier temps trois accessoires, et dans un deuxième, quatre. Ce déroulement aurait peut-être permis aux enfants de se détacher plus facilement de l'épreuve précédente et donc de mieux cerner le changement de consigne. Nous aurions par ailleurs sans doute pu mettre en évidence un niveau de réussite aux parties d'ensemble avec trois accessoires.

4. Effectif de la population

Le nombre d'enfants testés ne suffit pas à rendre compte d'un étalonnage fiable et ne peut donner qu'un aperçu de l'évolution du raisonnement à cette épreuve. En outre, l'appariement des enfants selon leur niveau de raisonnement aux permutations a donné lieu à des groupes aux effectifs très différents. Il serait donc intéressant d'observer sur une plus large population si les comportements que nous avons mis en évidence aux stades IIA et IIB restent caractéristiques.

CONCLUSION

Notre étude nous a permis de mettre en évidence, chez des enfants de 7 à 11 ans et à travers une épreuve de parties d'ensemble, des procédures de raisonnement corrélées aux stades de raisonnement décrits par Piaget pour les permutations. Ainsi, plus le niveau de raisonnement aux permutations est élevé, plus le succès aux parties d'ensemble l'est. Grâce à des représentations mentales de plus en plus précises, les enfants deviennent capables d'anticiper puis d'évoquer leurs productions, de combiner de plus en plus d'éléments entre eux, et enfin d'organiser leur pensée.

Contrairement à nos attentes, le niveau de raisonnement aux permutations ne dépend pas de l'âge ou du niveau scolaire : soit nous n'avons pas perçu les nuances entre les stades décrits par Piaget à cette épreuve, soit certains enfants de notre population présentent des troubles du raisonnement qui n'ont pas gêné leurs apprentissages scolaires jusque-là, soit les enfants évoluent à leur rythme en fonction de leurs expériences affectives et sociales personnelles.

Par ailleurs, l'épreuve de parties d'ensemble nous semblait requérir des procédures de raisonnement plus élaborées que celle des permutations. Nous ne sommes pas en mesure d'évaluer objectivement la difficulté de chacune de ces épreuves. Les enfants se sont toutefois sentis plus à l'aise dans la manipulation des jetons aux permutations qu'avec le support papier proposé aux parties d'ensemble.

L'ensemble de ce travail nous a amenées à mieux appréhender le développement de la pensée chez l'enfant et à nous familiariser avec la démarche clinique piagétienne d'évaluation de la pensée. En outre, notre étude nous a permis de mieux cerner les procédures mises en œuvre par les enfants à une épreuve de parties d'ensemble : les éléments recueillis au cours de ce travail pourraient contribuer à se faire une idée plus précise des difficultés que l'enfant rencontre dans ce type d'activité, lorsqu'elle est proposée en rééducation logico-mathématique, ceci de manière à adapter le matériel à son niveau.

Face aux limites de notre étude, il serait intéressant, d'une part de vérifier la pertinence de nos observations générales sur une population plus large, d'autre part de poursuivre ces recherches avec des enfants plus âgés. L'objectif serait alors d'analyser les procédures mises en œuvre au stade des opérations formelles. Si le niveau de raisonnement et le niveau scolaire tendent à s'homogénéiser, ceci montrerait qu'à partir d'une certaine classe, l'enfant doit raisonner par lui-même et ne peut plus recourir à différents moyens de compensation.

Les procédures mises en œuvre par les enfants de notre population ne dépendant pas de leur âge ou de leur niveau scolaire, il serait enfin intéressant d'étudier les facteurs externes qui interviennent dans la construction du raisonnement, ceci au regard des théories socio-culturelles et des comportements sociaux actuels.

BIBLIOGRAPHIE

Bak, F. (2000). *7^e congrès international sur le constructivisme en psychothérapie : usages et perspectives en éducation*. Retrieved 02, 23, 2009, from <http://www.cabinet-bak.fr>.

Bastien, C. (1987). *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.

Barrouillet, P., & Camos, V. (2006). *La cognition mathématique chez l'enfant*. Marseille : Solal.

Bideaud, J., Houdé, O., & Pedinielli, J.L. (1993). *L'homme en développement*. Paris : Presses Universitaires de France.

Brin, F., Courier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (1997). *Dictionnaire d'orthophonie*. Isbergues : Ortho-édition.

Campolini, C., Timmermans, A., & Vansteelandt, A. (2002). *Dictionnaire de logopédie IV : la construction du nombre*. Leuven : Peeters.

Causse-Mergui, I. (2000). *A chaque enfant ses talents : vaincre l'échec scolaire*. Paris : Le Pommier-Fayard.

Chalon-Blanc, A. (1997). *Introduction à Jean Piaget*. Paris : L' Harmattan.

Damouche, M. (1997). Un autre regard sur l'enfant en difficulté. *Rééducation orthophonique*, 35, 189-195.

Decraye, P. (2006). Langage et calcul : les mots comptent. Retrieved 04, 07, 2008, from <http://www.gnosia.fr>.

Deldime, R., & Vermeulen, S. (2004). *Le développement psychologique de l'enfant*. Bruxelles : Editions De Boeck Université.

Dolle, J.M. (1994). Etude sur la figurativité : une modalité du fonctionnement cognitif des enfants qui n'apprennent pas. *Glossa*, 41, 16-25.

Dolle, J.M. (1999). *Pour comprendre Jean Piaget*. Paris : Dunod.

Dolle, J.M., & Bellano, D. (1989). *Ces enfants qui n'apprennent pas : diagnostic et remédiation*. Paris : Editions du Centurion.

Gibello, B. (1985). Les retards ou régressions d'organisation du raisonnement : notes sur un syndrome cognitif nouveau. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 33/1, 3-11.

Gibello, B. (1986). *L'enfant à l'intelligence troublée*. Paris : Editions du Centurion.

Golse, B. (1992). *Le développement affectif et intellectuel de l'enfant*. Paris : Masson.

BIBLIOGRAPHIE

- Guidetti, M. (2002). *Les étapes du développement psychologique*. Paris : Armand Colin.
- Jaulin-Mannoni, F. (1973). *Pédagogie des structures logiques élémentaires*. Paris : Editions ESF.
- Laval, V. (2002). *La psychologie du développement : modèles et méthodes*. Paris : Armand Colin.
- Legendre-Bergeron, M.F. (1980). *Lexique de la psychologie du développement de Jean Piaget*. Chicoutimi : Gaëtan Morin.
- Longeot, F. (1969). *Psychologie différentielle et théorie opératoire de l'intelligence*. Paris : Dunod.
- Longeot, F. (1978). *Les stades opératoires de Piaget et les facteurs de l'intelligence*. Grenoble : Presse universitaire de Grenoble.
- Meljac, C. (2005). Le diagnostic, et après ? Remédiations et prises en charge. In A. Van Hout, C. Meljac, & J.P. Fischer (Eds), *Troubles du calcul et dyscalculie chez l'enfant* (pp. 371-382), Paris : Masson.
- Ministère de l'Education Nationale (2008). *BO, Cycle des apprentissages fondamentaux : programme du CP et du CE1*. Retrieved 06, 19, 2008, from <http://www.education.gouv.fr>.
- Ministère de l'Education Nationale (2008). *BO, Cycle des approfondissements : programme du CE2, du CM1 et du CM2*. Retrieved 06, 19, 2008, from <http://www.education.gouv.fr>.
- Op de Beeck, P. (1999). Utilisation du jeu de stratégie « QUARTO » comme stimulus développemental du fonctionnement cognitif. *Rééducation orthophonique*, 101-112.
- Perraudau, M. (2002). *L'entretien cognitif à visée d'apprentissage : un dispositif pour aider l'élève en mathématiques*. Paris : L'Harmattan.
- Piaget, J. (1964). *Six études de psychologie*. Genève : Editions Gonthier.
- Piaget, J. (1968). *Le structuralisme*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1993). *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1955). *La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1979). *L'épistémologie génétique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1991). *La genèse des structures logiques élémentaires : classifications et sériations*. Paris : Delachaux et Niestlé.
-

BIBLIOGRAPHIE

Piaget, J. & Inhelder, B., (1998). *La psychologie de l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.

Remond-Besucher, C. (1992). La pensée logico-mathématique troublée : indications de rééducation. *Entretiens d'orthophonie*, 181-186.

Siegler, R. S. (2001). *Enfant et raisonnement : le développement cognitif de l'enfant*. Bruxelles : Editions De Boeck Université.

Tran-Thong, F. (1992). *Stades et concept de stade de développement de l'enfant dans la psychologie contemporaine*. Paris : Librairie philosophique J. VRIN.

Van Hout, A., Meljac, C., & Fischer, J.P. (2005). *Troubles du calcul et dyscalculie chez l'enfant*. Paris : Masson.

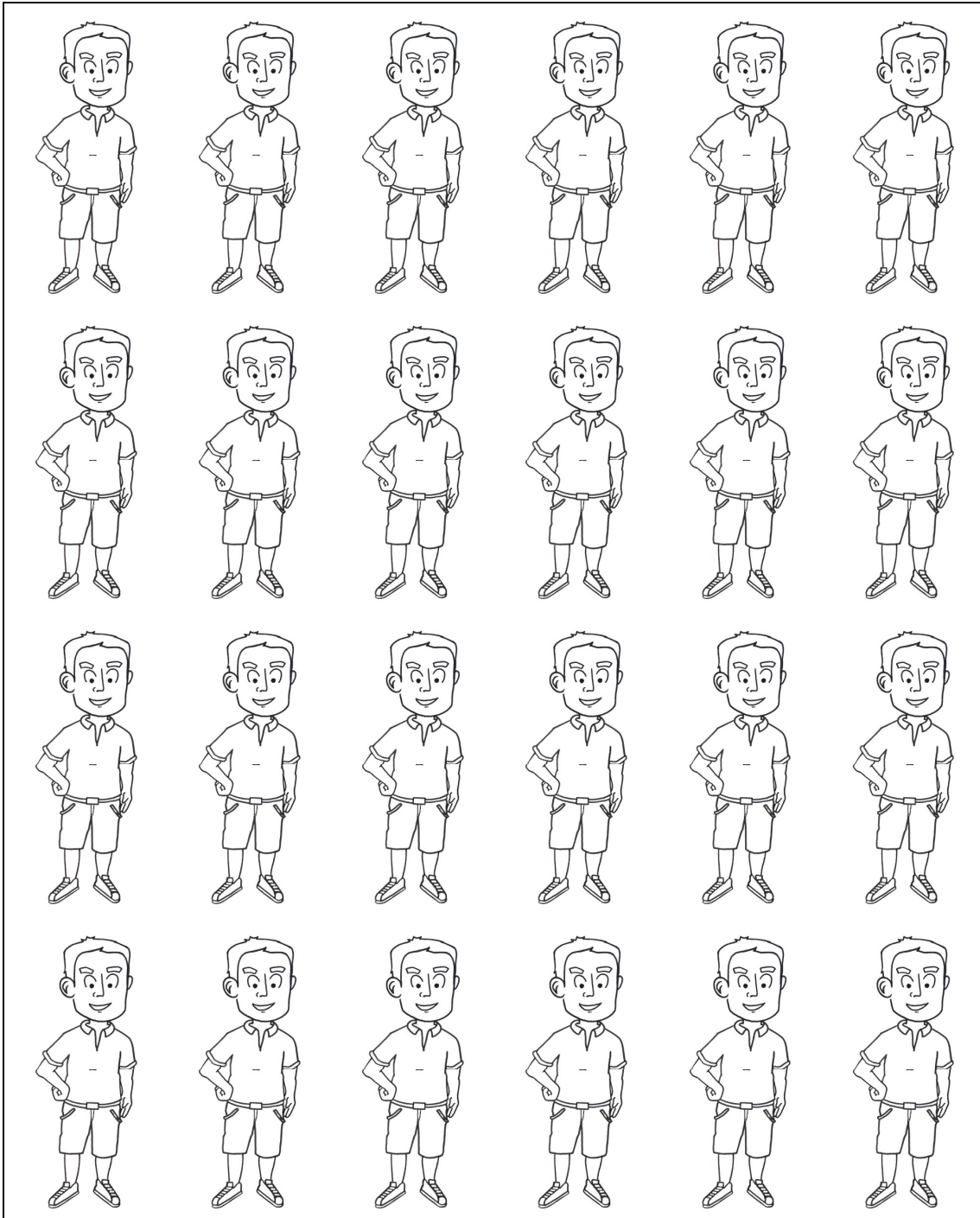
Voizot, B. (1973). *Le développement de l'intelligence chez l'enfant*. Paris : Armand Colin.

Wallon, H. (1968). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Paris : Armand Colin.

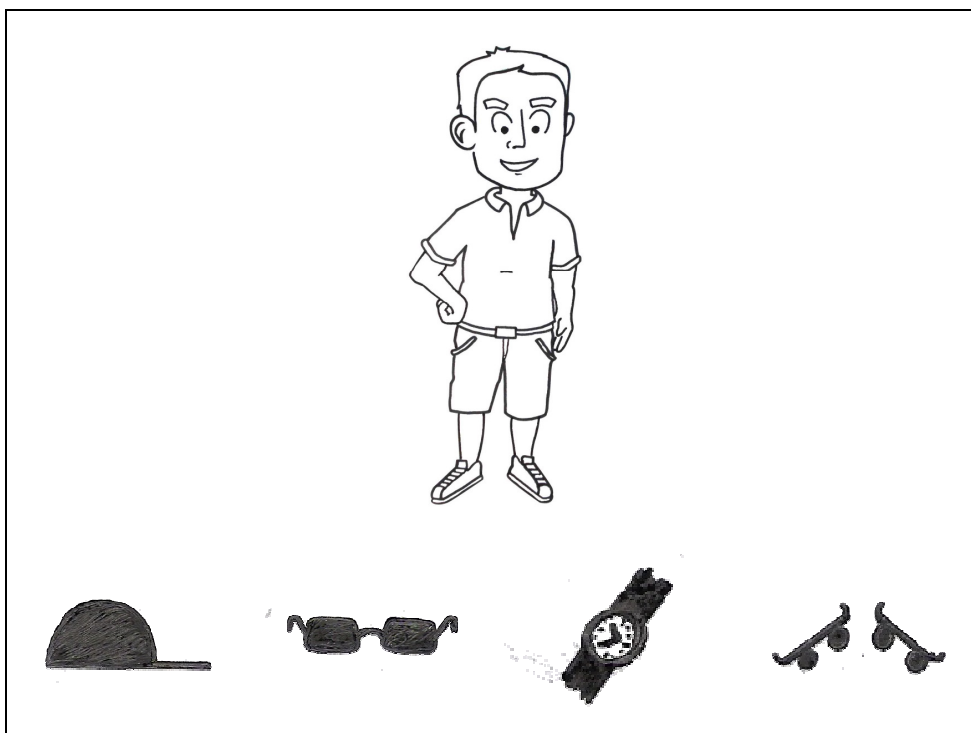
ANNEXES

Annexe I : Matériel destiné à l'enfant pour l'épreuve des parties d'ensemble

1. Feuille de passation



2. Carte-mémoire



Annexe II : Matériel destiné à l'examinateur pour l'épreuve des parties d'ensemble

1. Feuille de notation

Prénom : Date de naissance : Date de passation : Age : Classe : Etablissement : Goût pour les maths :	Epreuve de permutation : 	
<p><i>" Il fait beau. Gaston va rejoindre des amis. Pour sortir, il peut prendre à la fois sa casquette, ses lunettes, sa montre et ses rollers, mais peut aussi décider de ne rien prendre ou de n'en prendre qu'une partie. Dessine-moi toutes les possibilités qui existent pour Gaston. Il ne doit pas y avoir deux dessins pareils. "</i></p>		
Items	Accessoires	Remarques / observations
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

2. Grille d'observation

PARTIES D'ENSEMBLE	
<i>Remarques particulières :</i>	
Comportement de l'enfant :	
Implication	
Verbalisation	
Tâtonnement	
Perte de la consigne	
Difficultés de compréhension de la consigne	
Prise en compte des interventions	
Organisation :	
Absente	
Trouvée par l'action	
Recherchée	
Mise en place	
Anticipée	
Facilitatrice	
Détail des solutions :	
Nombre de solutions anticipé	
Nombre total de productions	
Nombre de bonnes réponses (/16)	
Oubli RIEN/TOUT	
Oublis 1 ELEMENT	
Oublis 2 ELEMENTS	
Oublis 3 ELEMENTS	
Doublons	
Découverte de nouvelles solutions - 2e traitement	
Evocation :	

Annexe III : Tableaux des données brutes en fonction du niveau scolaire

1. Résultats en CE1

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			PARTIES D'ENSEMBLE														
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Solutions trouvées														
								Organisation																	
								Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat		
Allya	6	11	6,92	CE1	F	2	IB	0	2	1	1	0	0	0	0	7	6	1	3	4	2	0	1	2	1
Camille	7	10	7,83	CE1	F	2	IA	0	1	1	1	1	0	0	0	13	13	1	0	1	1	0	0	1	0
Gweniseult	7	3	7,25	CE1	F	0	IA	0	0	1	1	0	0	1	1	7	6	1	2	2	4	1	1	3	0
Hortense	8	0	8,00	CE1	F	1	IA	1	0	1	1	1	0	0	0	24	6	1	0	4	4	1	18	2	0
Lucas	7	8	7,67	CE1	M	2	IA	1	1	1	1	0	0	1	1	13	12	0	0	2	2	0	1	2	1
Marie	7	4	7,33	CE1	F	2	II A	1	1	1	1	0	0	1	1	15	15	0	0	1	0	0	0	2	1
Milhan	7	3	7,25	CE1	M	2	IB	0	0	1	1	0	1	1	1	16	15	0	0	0	1	0	1	2	0
Romane	7	5	7,42	CE1	F	1	IB	0	1	1	1	0	1	1	1	10	9	0	0	5	2	0	1	2	1
Seher	7	10	7,83	CE1	F	2	IA	0	0	1	1	1	0	0	0	4	4	1	0	6	4	1	0	0	0
Théo	7	8	7,67	CE1	M	2	IB	2	0	1	1	1	0	0	0	5	5	0	0	6	4	1	0	0	1
Victor	7	1	7,08	CE1	M	2	II A	0	0	1	0	0	0	0	0	12	12	0	0	2	2	0	0	2	0

2. Résultats en CE2

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation							PARTIES D'ENSEMBLE												
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat				
Charlotte	8	2	8,17	CE2	F	2	IA	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	6	4	1	0	0	0	1
Charlotte	8	9	8,75	CE2	F	2	IB	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	10	10	1	0	2	3	0	0	2	0	0
Corentin	8	7	8,58	CE2	M	2	IIA	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	12	12	0	0	1	3	0	0	0	0	1
Faïcelle	8	5	8,42	CE2	F	2	IA	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	9	0	0	3	4	0	1	0	0	0
Gabrielle	8	6	8,50	CE2	F	2	IIA	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15	13	0	0	0	0	3	0	2	0	1
Inès	8	10	8,83	CE2	F	2	IIA	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	4	6	2	1	0	2	1	1
Marine	8	9	8,75	CE2	F	0	IA	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	4	2	4	0	0	1	1	1
Martin	8	9	8,75	CE2	M	1	IA	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	9	8	0	0	5	3	0	1	2	0	0
Nathalie	8	2	8,17	CE2	F	1	IA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	4	5	4	0	0	0	0	0
Quentin	8	7	8,58	CE2	M	2	IB	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	22	15	0	0	1	0	0	7	0	1	1
Robin	8	0	8,00	CE2	M	2	IIA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	3	0	0	1	0	0
Roland	8	7	8,58	CE2	M	0	IB	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	12	9	0	3	3	1	0	3	0	0	0
Romane	8	1	8,08	CE2	F	1	IB	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	0	1	3	0	0	0	2	1	1
Thehna	8	4	8,33	CE2	F	0	IIA	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	14	13	0	1	1	1	0	1	0	1	1
Théodore	7	11	7,92	CE2	M	2	IA	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	6	6	0	1	5	4	0	0	2	0	0
Zoé	7	11	7,92	CE2	F	1	IIA	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7	7	1	1	5	2	0	0	0	0	0
Zoé	8	1	8,08	CE2	F	2	IA	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	13	13	0	0	2	1	0	0	1	0	0

3. Résultats en CM1

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation					Solutions trouvées															
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat					
Alexis	9	6	9,50	CM1	M	0	IA	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	11	0	0	3	2	0	0	1	2	0
Augustin	8	11	8,92	CM1	M	0	IA	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	6	4	1	0	0	1	
Carnille	10	0	10,00	CM1	F	2	II B	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	14	14	0	0	0	0	2	0	0	0	
Corentin	9	8	9,67	CM1	M	2	II A	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24	16	0	0	0	0	0	0	8	0	1
Danaé	9	9	9,75	CM1	F	2	IA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0	2	3	0	0	2	2	0
Emilie	10	0	10,00	CM1	F	0	IA	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	12	1	0	1	2	2	0	0	2	0
Felix	9	3	9,25	CM1	M	0	IB	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	12	12	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1
Gautier	9	4	9,33	CM1	M	2	IA	2	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	17	16	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Gwenegan	9	11	9,92	CM1	M	1	IA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	16	15	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0
Julien	9	3	9,25	CM1	M	1	II A	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	15	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Malaurly	9	3	9,25	CM1	F	2	IA	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	11	1	0	1	1	3	0	1	2	1	
Margaux	9	3	9,25	CM1	F	0	IB	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	19	14	1	0	1	1	0	0	5	2	2	0
Nina	10	0	10,00	CM1	F	2	IA	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	17	15	1	0	0	0	0	0	2	0	0	
Rémy	9	10	9,83	CM1	M	2	II B	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0
Séverin	9	7	9,58	CM1	M	2	II A	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	14	14	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0
Sophia	9	9	9,75	CM1	F	0	IB	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	1	0	2	2	0	0	1	0	0	
Tristan	9	8	9,67	CM1	M	2	IA	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	4	4	4	4	0	0	2	2	1
Valentin	9	11	9,92	CM1	M	2	IA	0	2	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	16	15	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1

4. Résultats en CM2

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Coût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation						Solutions trouvées																	
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat								
Amandine	10	2	10,17	CM2	F	0	IA	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	11	11	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0		
Arina	10	11	10,92	CM2	F	1	IB	2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	17	15	0	0	0	0	1	0	0	2	2	1	1		
Colin	10	9	10,75	CM2	M	2	IB	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	18	14	0	2	0	0	0	0	0	4	0	1	1		
Elias	9	11	9,92	CM2	M	2	IA	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	2	5	4	4	1	0	0	0	0	0		
Elise	10	1	10,08	CM2	F	1	IIA	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	14	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fanêlle	10	10	10,83	CM2	F	1	IA	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	6	1	4	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	
Gaston	10	2	10,17	CM2	M	2	IIA	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	14	14	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	
Juliette	10	0	10,00	CM2	F	0	IIA	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	
Léa	10	7	10,58	CM2	F	1	IA	0	2	1	0	0	1	1	1	0	0	0	13	13	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Lillo	10	1	10,08	CM2	M	0	IIA	2	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	14	14	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	
Lounès	10	3	10,25	CM2	M	2	IIA	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	15	15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
Marie	10	0	10,00	CM2	F	2	IIB	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	
Marion	10	0	10,00	CM2	F	2	IIB	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	15	15	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
Olivia	10	0	10,00	CM2	F	2	IIB	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Paulinon	10	2	10,17	CM2	F	1	IIB	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	14	14	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	
Romane	10	3	10,25	CM2	F	2	IIA	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	18	15	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	
Serena	10	1	10,08	CM2	F	0	IIB	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	18	15	0	0	0	1	0	0	0	3	3	1	1	1	1	
Sofia	10	6	10,50	CM2	F	1	IA	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	12	12	0	0	0	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	

Annexe IV : Tableaux des données brutes en fonction du niveau de raisonnement aux permutations

1. Résultats au stade IA

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Coût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation					Solutions trouvées																																
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat																						
Camille	7	10	7,83	CE1	F	2	IA	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
Gwendéoul	7	3	7,25	CE1	F	0	IA	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	6	1	2	2	4	4	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0									
Hortense	8	0	8,00	CE1	F	1	IA	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	24	6	1	0	4	4	4	1	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Lucas	7	8	7,67	CE1	M	2	IA	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13	12	0	0	2	2	2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
Selher	7	10	7,83	CE1	F	2	IA	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	6	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Charlotte	8	2	8,17	CE2	F	2	IA	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	6	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Féristelle	8	5	8,42	CE2	F	2	IA	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	9	0	0	0	3	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Marine	8	9	8,75	CE2	F	0	IA	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	4	2	2	4	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Martin	8	9	8,75	CE2	M	1	IA	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	9	8	0	0	5	3	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Nathalie	8	2	8,17	CE2	F	1	IA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	4	5	4	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Théodore	7	11	7,92	CE2	M	2	IA	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	1	5	4	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Zoé	8	1	8,08	CE2	F	2	IA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Alexis	9	6	9,50	CMI	M	0	IA	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	12	11	0	0	3	2	2	0	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Augustin	8	11	8,92	CMI	M	0	IA	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	6	4	4	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Danaé	9	9	9,75	CMI	F	2	IA	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Emilie	10	0	10,00	CMI	F	0	IA	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	1	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Gautier	9	4	9,33	CMI	M	2	IA	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	17	16	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PARTIES D'ENSEMBLE																														
Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation					Solutions trouvées														
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat				
Gwenegann	9	11	9,92	CM1	M	1	1A	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0					
Malabuy	9	3	9,25	CM1	F	2	1A	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	1	0	1	1	2	1			
Nina	10	0	10,00	CM1	F	2	1A	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	17	15	1	0	0	0	0	0			
Tristan	9	8	9,67	CM1	M	2	1A	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	4	4	4	4	2	1		
Valentin	9	11	9,92	CM1	M	2	1A	0	2	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	16	15	0	0	1	0	0	1	2	1	
Amandine	10	2	10,17	CM2	F	0	1A	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0	2	2	3	0	0	0	
Elias	9	11	9,92	CM2	M	2	1A	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	2	5	4	1	0	0	0	
Fanèlie	10	10	10,83	CM2	F	1	1A	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	6	1	4	0	4	1	0	0	0	
Léa	10	7	10,58	CM2	F	1	1A	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	13	13	1	1	0	1	0	0	0	0	
Sofia	10	6	10,50	CM2	F	1	1A	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	12	12	0	0	3	1	0	0	0	2	0

2. Résultats au stade IB

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			PARTIES D'ENSEMBLE						Solutions trouvées														
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat					
Alya	6	11	6,92	CE1	F	2	IB	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7	6	1	3	4	2	0	1	1	2	1	
Milhan	7	3	7,25	CE1	M	2	IB	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	16	15	0	0	0	1	0	1	1	2	0	
Romane	7	5	7,42	CE1	F	1	IB	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	10	9	0	0	5	2	0	1	2	1	1	
Théo	7	8	7,67	CE1	M	2	IB	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	6	4	1	0	0	1	1	
Charlotte	8	9	8,75	CE2	F	2	IB	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	10	10	1	0	0	2	3	0	0	2	0	0	
Quentin	8	7	8,58	CE2	M	2	IB	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	22	15	0	0	1	1	0	0	7	0	1	1	
Roland	8	7	8,58	CE2	M	0	IB	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	12	9	0	3	3	3	1	0	3	0	0	0	
Romane	8	1	8,08	CE2	F	1	IB	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	0	1	3	0	0	0	0	2	1	1	
Félix	9	3	9,25	CM1	M	0	IB	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	12	12	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	1
Margaux	9	3	9,25	CM1	F	0	IB	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	19	14	1	0	1	0	0	0	0	5	2	0	0
Sophia	9	9	9,75	CM1	F	0	IB	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	12	11	1	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0
Amna	10	11	10,92	CM2	F	1	IB	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	17	15	0	0	0	0	1	0	2	2	2	1	1

3. Résultats au stade IIA

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation						Solutions trouvées																							
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat														
Marie	7	4	7,33	CE1	F	2	IIA	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	1			
Victor	7	1	7,08	CE1	M	2	IIA	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	12	12	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0			
Corentin	8	7	8,58	CE2	M	2	IIA	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	12	12	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1		
Gabrielle	8	6	8,50	CE2	F	2	IIA	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	15	13	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	2	0	0	1	1			
Inès	8	10	8,83	CE2	F	2	IIA	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	4	6	2	1	0	0	1	0	2	0	2	1	1	1			
Robin	8	0	8,00	CE2	M	2	IIA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
Thelma	8	4	8,33	CE2	F	0	IIA	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	14	13	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0		
Zoé	7	11	7,92	CE2	F	1	IIA	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7	7	1	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Corentin	9	8	9,67	CM1	M	2	IIA	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	24	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	1	1	1	0		
Julien	9	3	9,25	CM1	M	1	IIA	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	15	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Séverin	9	7	9,58	CM1	M	2	IIA	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	14	14	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
Elise	10	1	10,08	CM2	F	1	IIA	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	14	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gaston	10	2	10,17	CM2	M	2	IIA	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	14	14	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	
Juliette	10	0	10,00	CM2	F	0	IIA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Lilto	10	1	10,08	CM2	M	0	IIA	2	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	14	14	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
Lounès	10	3	10,25	CM2	M	2	IIA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	15	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Romane	10	3	10,25	CM2	F	2	IIA	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	18	15	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	

4. Résultats au stade IIB

Prénom	Nbre d'années	Nbre de mois	Age	Classe	Sexe	Goût pour les maths	PERMUTATIONS stade	Comportement			Organisation						Solutions trouvées															
								Verbalisation	Tâtonnement	Perte de la consigne	Absente	Trouvée par l'action	Recherchée	Mise en place	Anticipée	Facilitatrice	Total	Bonnes réponses	Oubli RIEN	Oublis 1 ELEMENT	Oublis 2 ELEMENTS	Oublis 3 ELEMENTS	Oubli TOUT	Doublons	Après relecture	Anticipation du résultat						
Camille	10	0	10,00	CM1	F	2	IIB	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	14	14	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
Rémy	9	10	9,83	CM1	M	2	IIB	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	15	15	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	
Colin	10	9	10,75	CM2	M	2	IIB	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	18	14	0	2	0	0	0	0	4	0	1	0	
Marie	10	0	10,00	CM2	F	2	IIB	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	16	16	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	
Marion	10	0	10,00	CM2	F	2	IIB	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	15	15	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	
Olivia	10	0	10,00	CM2	F	2	IIB	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Paulinon	10	2	10,17	CM2	F	1	IIB	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	14	14	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	
Serena	10	1	10,08	CM2	F	0	IIB	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	18	15	0	0	1	0	0	3	3	1	0	0	

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des Tableaux

Tableau 1 : Stades de raisonnement à l'épreuve piagétienne des permutations..... 30

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats obtenus aux parties d'ensemble..... 65

2. Liste des Figures

Figure 1 : Répartition des niveaux de raisonnement aux permutations par classe 37

Figure 2 : Répartition des classes par niveau de raisonnement aux permutations 38

Figure 3 : Nombre moyen de bonnes réponses en fonction du niveau scolaire 40

Figure 4 : Nombre moyen de bonnes réponses en fonction du niveau de raisonnement aux permutations 40

Figure 5 : Oublis et doublons en fonction du niveau scolaire..... 41

Figure 6 : Oublis et doublons en fonction du niveau de raisonnement aux permutations..... 41

Figure 7 : Comportement après relecture en fonction du niveau scolaire 43

Figure 8 : Comportement après relecture en fonction du niveau de raisonnement aux permutations 43

Figure 9 : Organisation en fonction du niveau scolaire..... 44

Figure 10 : Organisation en fonction du niveau de raisonnement aux permutations..... 45

Figure 11 : Perte de la consigne en fonction du niveau scolaire..... 46

Figure 12 : Perte de la consigne en fonction du niveau de raisonnement aux permutations.... 46

TABLE DES MATIERES

ORGANIGRAMMES	2
1. Université Claude Bernard Lyon1	2
1.1. Secteur Santé :	2
1.2. Secteur Sciences :	2
1.3. Secteur Sciences et Technologies :	3
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation	4
FORMATION ORTHOPHONIE	4
REMERCIEMENTS.....	5
SOMMAIRE.....	6
INTRODUCTION.....	8
PARTIE THEORIQUE.....	9
I. Approche piagétienne du développement de la pensée.....	10
1. Une vue d'ensemble de la théorie.....	10
1.1. Objet d'étude.....	10
1.2. Epistémologie	10
1.3. Constructivisme et structuralisme	11
2. Les processus de développement.....	11
2.1. Assimilation, accommodation et adaptation	11
2.2. Equilibration	11
2.3. Schèmes d'action	12
3. Les stades de développement.....	13
3.1. Définition	13
3.2. Stade sensori-moteur : de 0 à 2 ans.....	13
3.3. Stade pré-opératoire : de 2 à 7 ans	14
3.4. Stade des opérations concrètes : de 7/8 à 11/12 ans.....	14
3.5. Stade des opérations formelles : de 11/12 à 14/15 ans.....	15
II. Raisonnement opératoire formel et logique combinatoire	15
1. Pensée formelle.....	15
1.1. Définition	15
1.2. Développement de la pensée formelle	16
1.3. Opérations formelles	16
1.4. Apports pour l'individu.....	17
2. Combinatoire	17
2.1. Définition	17
2.2. Filiation de la combinatoire	18
2.3. Opérations de la combinatoire étudiées par Piaget	18
2.4. Parties d'ensemble	19
III. Autres points de vue sur le développement cognitif	20
1. Théories du traitement de l'information	20
2. Contribution des théories socio-culturelles au développement cognitif	20
2.1. Lev Vygotsky.....	20
2.2. Henri Wallon.....	21

TABLE DES MATIERES

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	22
PARTIE EXPERIMENTALE	24
I. Population	25
1. Choix de la population.....	25
2. Critères d'exclusion	25
3. Effectif final.....	25
II. Conditions d'expérimentation.....	26
1. Lieux d'expérimentation.....	26
2. Période d'expérimentation.....	26
3. Durée de passation.....	26
III. Méthode expérimentale.....	26
1. Démarche clinique piagétienne.....	26
2. Etapes de l'entretien	27
2.1. Anticipation.....	27
2.2. Réalisation.....	27
2.3. Evocation	27
3. Objectifs.....	27
IV. Protocole expérimental	28
1. Pré-test des permutations	28
1.1. Description du matériel.....	28
1.2. Déroulement de l'épreuve	28
1.3. Principes de passation	29
1.4. Résultats	30
2. Test des parties d'ensemble	31
2.1. Description du matériel.....	31
2.1.1. Matériel destiné à l'enfant	31
2.1.2. Matériel destiné à l'examineur.....	31
2.2. Déroulement de l'épreuve	32
2.3. Principes de passation	32
V. Outils d'analyse des résultats.....	33
1. Grille d'observation	33
2. Cotation des réponses	34
PRESENTATION DES RESULTATS.....	36
I. Répartition de la population	37
1. Répartition des niveaux de raisonnement par classe.....	37
2. Répartition des classes par niveaux de raisonnement.....	38
II. Analyse quantitative des résultats obtenus à l'épreuve des parties d'ensemble.....	39
1. Solutions	39
1.1. Nombre total de productions.....	39
1.2. Nombre de réponses attendues.....	39
1.3. Oublis et doublons	41
1.4. Comportement après relecture de la consigne	42
1.5. Anticipation du résultat.....	44

TABLE DES MATIERES

2.	Organisation.....	44
3.	Comportement	45
3.1.	Verbalisation	45
3.2.	Tâtonnement	45
3.3.	Perte de la consigne.....	46
III.	Analyse qualitative des résultats	47
1.	Réactions face aux épreuves	47
2.	Réalisation à l'épreuve de parties d'ensemble.....	47
2.1.	Influence des permutations	47
2.2.	Influence de l'anticipation	48
2.3.	Influence de la perception	48
3.	Stratégies de résolution mises en place.....	49
3.1.	Organisation hasardeuse	49
3.2.	Fixation d'un invariant.....	49
3.3.	Organisation progressive.....	49
4.	Types d'évocation rencontrés	49
4.1.	Evocation floue	49
4.2.	Evocation descriptive.....	50
4.3.	Evocation organisatrice.....	50
4.4.	Evocation claire.....	50
4.5.	Certitude d'avoir trouvé toutes les solutions.....	50
5.	Observations supplémentaires	50
5.1.	Représentation mentale d'une partie	50
5.2.	Productions fantaisistes.....	51
5.3.	Remplissage de la feuille de passation.....	51
	DISCUSSION DES RESULTATS.....	52
I.	Analyse des résultats.....	53
1.	Répartition de la population.....	53
1.1.	A chacun son rythme.....	53
1.2.	Des troubles passés inaperçus	53
1.3.	Une mauvaise estimation des niveaux de raisonnement	54
2.	Evolution des procédures mises en œuvre par les enfants à l'épreuve de parties d'ensemble	54
2.1.	Une évolution corrélée aux niveaux de raisonnement aux permutations.....	54
2.2.	Une évolution marquée par des résultats singuliers au stade IB des permutations.....	55
3.	Comment les enfants ont-ils anticipé la réalisation ?.....	55
3.1.	Une anticipation impossible au stade IA.....	56
3.2.	Des tentatives d'anticipation aux stades IB et IIA	56
3.3.	Un début d'anticipation au stade IIB	56
4.	Etape de réalisation.....	56
4.1.	Des réponses de plus en plus précises.....	56
4.1.1.	Une pensée figurative au stade IA	57
4.1.2.	Une pensée intuitive au stade IB	57
4.1.3.	Une maîtrise grandissante aux stades IIA et IIB.....	58
4.2.	Une compréhension progressive de la notion de partie.....	58
4.2.1.	Le « TOUT » et le « RIEN »	58
4.2.2.	Le « RIEN ».....	59
4.2.3.	L'élément unique.....	59
4.2.4.	Les associations d'éléments.....	59
4.3.	Une méthode de résolution de plus en plus organisée	60
4.3.1.	Organisation hasardeuse aux stades IA et IB.....	60

TABLE DES MATIERES

4.3.2. Organisation facilitatrice au stade IIB	60
4.4. L'apparition progressive d'un traitement simultané des différents éléments de la consigne au cours de la relecture	61
5. Comment les enfants ont-ils évoqué la réalisation ?.....	61
5.1. Une pensée peu mobile aux stades IA et IB.....	62
5.2. Une pensée de plus en plus mobile jusqu'au stade IIB	62
6. Permutations et parties d'ensemble : évaluation de la difficulté	63
6.1. Permutations : un matériel concret plus aisé à manipuler.....	63
6.2. Permutations et parties d'ensemble : des niveaux de difficulté non mesurables	63
II. Validation des hypothèses.....	64
III. Apports de notre travail.....	66
1. Apports cliniques.....	66
1.1. Bilan logico-mathématique	66
1.2. Prise en charge logico-mathématique	66
2. Apports personnels	67
IV. Limites et perspectives de recherche.....	67
1. Choix du pré-test.....	67
2. Fiabilité des niveaux de raisonnement estimés à l'épreuve de permutations	68
3. Déroulement de l'épreuve des parties d'ensemble	68
4. Effectif de la population	68
CONCLUSION.....	69
BIBLIOGRAPHIE.....	70
ANNEXES.....	73
Annexe I : Matériel destiné à l'enfant pour l'épreuve des parties d'ensemble	74
1. Feuille de passation.....	74
2. Carte-mémoire	75
Annexe II : Matériel destiné à l'examineur pour l'épreuve des parties d'ensemble	76
1. Feuille de notation	76
2. Grille d'observation.....	77
Annexe III : Tableaux des données brutes en fonction du niveau scolaire.....	78
1. Résultats en CE1.....	78
2. Résultats en CE2.....	79
3. Résultats en CM1.....	80
4. Résultats en CM2.....	81
Annexe IV : Tableaux des données brutes en fonction du niveau de raisonnement aux permutations	82
1. Résultats au stade IA	82
2. Résultats au stade IB.....	84
3. Résultats au stade IIA	85
4. Résultats au stade IIB	86
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	87

TABLE DES MATIERES

1. Liste des Tableaux	87
2. Liste des Figures	87
TABLE DES MATIERES	88

Laurence Lacombe

Marie Payot

MISE EN EVIDENCE DE NIVEAUX DE RAISONNEMENT A UNE EPREUVE DE PARTIES D'ENSEMBLE CHEZ DES ENFANTS DE 7 A 11 ANS

92 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2009

RESUME

Notre recherche s'inscrit dans le courant de la psychologie génétique cognitive. En nous inspirant des travaux de Piaget sur la genèse de la pensée opératoire formelle, finalité du développement cognitif, notre objectif est de dégager des niveaux de raisonnement à une épreuve de parties d'ensemble.

La pensée formelle, essentiellement hypothético-déductive, se caractérise par la capacité à faire des opérations mentales à la seconde puissance, obéissant à une logique de combinatoire. Piaget (1955) distingue trois opérations de combinatoire (combinaison, permutation, arrangement) auxquelles Gibello (1986) ajoute celle des parties d'ensemble. Ces quatre opérations sont utilisées en rééducation logico-mathématique pour favoriser la mobilité de la pensée. Faisant intervenir d'autres notions que les opérations étudiées par Piaget, les parties d'ensemble nous ont intéressées : nous avons souhaité rendre compte des procédures mises en œuvre par les enfants pour découvrir tous les possibles sur ce type de tâche.

Nous avons proposé deux épreuves de combinatoire à des enfants tout-venant du CE1 au CM2 et théoriquement situés au stade des opérations concrètes : une épreuve piagétienne de permutation nous permettant de cibler le niveau de raisonnement des enfants, et une épreuve de parties d'ensemble élaborée en vue de la mise en évidence de procédures de raisonnement dépendantes des niveaux de raisonnement aux permutations.

Contrairement à nos attentes, le niveau scolaire ne prédit pas le niveau de raisonnement aux permutations. Les procédures mises en œuvre par les enfants à une épreuve de parties d'ensemble évoluent davantage en fonction du niveau de raisonnement aux permutations que du niveau scolaire. Nos résultats nous ont finalement permis de mettre en évidence une évolution, corrélée à celle décrite par Piaget sur une épreuve de permutations.

MOTS-CLES

DEVELOPPEMENT COGNITIF – PENSEE FORMELLE – COMBINATOIRE – PERMUTATIONS – PARTIES D'ENSEMBLE – NIVEAUX DE RAISONNEMENT

MEMBRES DU JURY

Christine Chosson

Corinne Gauthier

Pascale Ollagnon

MAITRE DE MEMOIRE

Armelle Picard-Gallet

DATE DE SOUTENANCE

2 juillet 2009
