



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

Par

KERVÉVAN Claire-Lise
LAFAY Anne

**LA RÉOLUTION NON VERBALE DE SITUATIONS
ADDITIVES ET SOUSTRUCTIVES ENTRE 3 ET 5 ANS**

*Comparaisons des performances d'enfants normo-
entendants, sourds oralistes et sourds signants*

Maître de Mémoire

FAYOL Michel

Membres du Jury

METRAL Emmanuelle

OLLAGNON Pascale

TIRABOSCHI-CHOSSON Christine

Date de Soutenance

3 juillet 2008

ORGANIGRAMMES

1. Université Claude Bernard Lyon1

Président
Pr. COLLET Lionel

Vice-président CEVU
Pr. SIMON Daniel

Vice-président CA
Pr. LIETO Joseph

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

1.2. Secteur Sciences :

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

I.S.F.A. (Institut de Science Financière
et D'assurances)
Directeur
Pr. AUGROS Jean-Claude

U.F.R. Des Sciences et
Techniques des Activités
Physiques et Sportives
Directeur
Pr. COLLIGNON Claude

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

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

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

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

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

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

I.U.F.M.
Directeur
M. BERNARD Régis

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

Institut des Sciences et des
Techniques de l'Ingénieur de Lyon
Directeur
Pr. LIETO Joseph

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

U.F.R. De Mathématiques
Directeur
M. GOLDMAN André

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

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
MORIN Elodie

Chargée du concours d'entrée
PEILLON Anne

Secrétariat de direction et de scolarité
BADIOU Stéphanie
CLERC Denise

REMERCIEMENTS

Un grand merci à notre maître de mémoire, Michel Fayol, qui nous a soutenues dans notre étude, nous a encadrées avec soin et rigueur, et nous a consacré du temps et de l'énergie pour mener à bien notre recherche.

Nous remercions l'école maternelle Saint-Exupéry de Saint-Maurice-de-Beynost, toutes les enseignantes et la directrice qui nous ont accueillies, et tout particulièrement notre intermédiaire Sophie Chevasson.

Nous remercions le CROP de Lyon, l'IDJS de Clermont-Ferrand, le SSEFIS/SAFEP de Saint-Étienne, l'INJS de Chambéry, le SAFEP de Chambéry et le SSEFIS de Grenoble, les personnes qui nous ont accueillies, et en particulier les personnes qui ont permis le relais avec les établissements : Isabelle Eymard, Colette Bennis, Gilles Ranouil et Véronique Kaluzny.

Nous remercions chaleureusement tous les enfants qui ont participé à notre étude.

Merci à nos familles respectives pour leur soutien tout au long de ces deux années.

Merci à nos amies Aurélie, Bérengère, Emeline et Marie qui ont été à nos côtés.

Merci à toi Anne et à toi Claire-Lise...

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| ORGANIGRAMMES | 2 |
| REMERCIEMENTS | 5 |
| SOMMAIRE | 6 |
| INTRODUCTION | 8 |
| PARTIE THEORIQUE | 10 |
| I. LE MODELE DU TRIPLE CODE (DEHAENE & COHEN, 2000)..... | 11 |
| II. LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES D'ADDITION ET DE SOUSTRACTION CHEZ L'ENFANT NORMO-ENTENDANT | 13 |
| III. SURDITE : LANGAGE ET HABILETES ARITHMETIQUES..... | 16 |
| PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES | 27 |
| I. PROBLEMATIQUES | 28 |
| II. HYPOTHESES | 29 |
| PARTIE EXPERIMENTALE | 30 |
| I. POPULATION | 31 |
| II. PROTOCOLE EXPERIMENTAL | 36 |
| PRESENTATION DES RESULTATS | 42 |
| I. CONSTITUTION DES GROUPES : APPARIEMENT DES ENFANTS EN AGE ET EN NIVEAU DE DEVELOPPEMENT | 43 |
| II. ANALYSE DES PERFORMANCES..... | 44 |
| III. ANALYSE DES ERREURS | 45 |
| IV. ANALYSE DES STRATEGIES | 53 |
| DISCUSSION DES RESULTATS | 59 |
| I. INTERPRETATION DES RESULTATS | 60 |
| II. LIMITES DE L'EXPERIMENTATION | 65 |
| III. INTERETS DE NOTRE ETUDE POUR L'ORTHOPHONIE | 72 |
| CONCLUSION | 75 |
| BIBLIOGRAPHIE | 77 |
| ANNEXES | 82 |

| | |
|---|------------|
| ANNEXE I : MODELE DU TRIPLE CODE..... | 83 |
| ANNEXE II : ILLUSTRATIONS DE LA SURDITE..... | 84 |
| ANNEXE III : NUMERATION EN LSF..... | 86 |
| ANNEXE IV : TABLEAU DE LA POPULATION..... | 87 |
| ANNEXE V : PRE-TESTS ET ELABORATION DU PROTOCOLE..... | 89 |
| ANNEXE VI : ILLUSTRATIONS DU PROTOCOLE..... | 90 |
| ANNEXE VII : FEUILLES DE PASSATION DU TEST..... | 94 |
| ANNEXE VIII : TABLEAUX DES RESULTATS..... | 95 |
| ANNEXE IX : MODELE DE LA MEMOIRE DE TRAVAIL..... | 103 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS..... | 104 |
| 1. LISTE DES TABLEAUX..... | 104 |
| 2. LISTE DES FIGURES..... | 105 |
| TABLE DES MATIERES..... | 107 |

INTRODUCTION

D'emblée, lorsqu'on parle de la surdité, on pense communément aux conséquences sur le développement du langage. En effet, celui-ci est fortement dépendant de l'exposition linguistique ; la privation d'informations auditives complètes influe sur l'évolution du langage oral (Ducharme & Mayberry, 2005). Néanmoins, les difficultés langagières ne semblent pas les seules rencontrées par l'enfant sourd. Lors d'une formation au Langage Parlé Complété (LPC) que nous avons effectuée pendant notre deuxième année d'orthophonie, une adolescente sourde a témoigné de son expérience personnelle : elle a longuement insisté sur son vécu orthophonique et, notamment, sur sa prise en charge en logicomathématiques en raison de ses difficultés scolaires dans ce domaine. De même, l'une d'entre nous a effectué un stage dans un CROP (Centre de Rééducation de l'Ouïe et de la Parole), et a remarqué qu'un certain nombre d'enfants sourds présentaient des difficultés en mathématiques. Cela nous a amenées à orienter nos recherches vers le domaine logicomathématique chez l'enfant sourd.

Les lectures ont confirmé que les enfants sourds présentent souvent des difficultés en mathématiques (Nunes, 2004). Ils disposent en revanche d'une connaissance informelle en arithmétique, bien avant l'apprentissage formel du cours préparatoire (CP), similaire à celles des enfants normo-entendants du même âge (Nunes, 2004). Mais on note davantage de difficultés lorsque le langage intervient dans l'activité, comme la chaîne numérique verbale, le comptage, le dénombrement, la résolution de problèmes (Rivière, 1998 ; Nunes, 2004). Le principe sous-tendant ces diverses activités arithmétiques semble compris par les enfants sourds qui utilisent les mêmes stratégies que les normo-entendants (Barrouillet & Camos, 2002). Nunes (2004) ainsi que Barrouillet et Camos (2002) émettent l'hypothèse que les difficultés relèveraient d'un trouble du langage. Celui-ci a un rôle primordial dans les activités numériques de dénombrement et de comptage, dans la mémorisation et l'utilisation des faits arithmétiques, à savoir les tables d'addition et de multiplication, et dans la compréhension des problèmes verbaux. Enfin, le fait que les enfants sourds parviennent à développer des méthodes informelles pour résoudre les problèmes proposés tend à conforter cette hypothèse.

Notre travail cherche à évaluer l'implication du langage dans la construction de représentations numériques précises liées aux activités de résolution d'opérations simples. Nous nous appuyons sur le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000) qui postule que le code symbolique auditif verbal, à savoir le langage oral, intervient dans la construction précise du nombre et permet de résoudre additions et soustractions de

manière exacte. Le retard de langage oral occasionné par la privation d'informations auditives complètes a-t-il un effet négatif sur la représentation précise du nombre liée à la résolution d'opérations simples ? La Langue des Signes Française (LSF), comme première langue avec exposition précoce, peut-elle être considérée comme un code symbolique suffisant pour construire des représentations numériques exactes ?

Le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000) indique aussi que le traitement des petites quantités est possible grâce au code analogique que possèdent tous les enfants. Le langage n'interviendrait pas. Tous les enfants auraient les mêmes habiletés pour traiter les petites quantités : on s'attend à ce que les enfants sourds aient les mêmes performances que les enfants normo-entendants.

Dans notre partie théorique, nous décrivons le modèle du Triple Code. Nous dresserons le bilan des capacités des enfants normo-entendants à résoudre des additions et des soustractions simples. Nous définirons brièvement ce qu'est la surdité, puis ses conséquences connues sur le développement du langage et des compétences arithmétiques.

Nous rapporterons ensuite les données issues d'un protocole de résolution d'additions et de soustractions simples. Ce protocole a été proposé à trois groupes d'enfants de 3, 4 et 5 ans : des enfants normo-entendants, sourds oralistes et sourds signants. Nous analyserons leurs performances à une tâche de résolution non verbale d'additions et de soustractions simples, portant sur de petites et de grandes opérations. Nous décrivons les types d'erreurs commises et les types de stratégies utilisées.

Nous discuterons ensuite les résultats de notre étude et conclurons en précisant l'apport de notre recherche pour l'orthophonie.

Chapitre I
PARTIE THEORIQUE

I. LE MODELE DU TRIPLE CODE (DEHAENE & COHEN, 2000)

Notre mémoire s'inscrit dans un courant neuropsychologique. Nous nous appuyons sur le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000) (Cf. **Annexe I – Figure 14**).

Ce modèle a pour objectif de rendre compte des traitements numériques simples chez l'adulte. On peut cependant l'utiliser pour analyser le fonctionnement arithmétique des enfants. Il postule que le traitement du nombre mobilise trois systèmes de représentation qui sont : une première analogique servant à effectuer des comparaisons numériques et des calculs approximatifs, une deuxième auditive verbale utilisée principalement dans l'activité de comptage et l'utilisation des tables, et une troisième dite visuelle arabe qui permet de réaliser des calculs mentaux complexes et des jugements de parité. Ces trois systèmes sont indépendants mais interconnectés par des liaisons bilatérales, à savoir qu'on peut passer d'une représentation à une autre sans transiter par la troisième. Ce modèle intègre également les relations entre les traitements cognitifs et les substrats cérébraux : les composantes du Triple Code sont ainsi associées à des localisations anatomiques.

1. La représentation analogique

Le code analogique, représenté sous la forme d'une ligne numérique compressible, correspond à une capacité innée permettant de traiter les quantités et traduisant la sémantique des nombres. Cette représentation est mobilisée lors de tâches comme la comparaison de nombres et l'évaluation approximative. Beaucoup d'auteurs, notamment Fayol, Perros et Seron (2004) considèrent que ce système permet une évaluation précise des petites quantités telles que un, deux ou trois ; néanmoins, lorsqu'il s'agit de plus grandes quantités, au-delà de cinq, le code analogique ne permet qu'une estimation approximative de la collection.

On accède à la représentation analogique si les nombres sont présentés par une série d'objets visuels ou auditifs ; on peut ensuite traiter ces quantités par les processus de subitizing ou d'estimation selon la taille de la collection d'items. Le subitizing est le processus de perception globale des petites quantités permettant de donner précisément le cardinal de collections sans procéder au comptage de leurs éléments. Il s'agit d'utiliser une représentation innée des quantités, notamment des petites numérosités telles que un,

deux ou trois. Les êtres humains, particulièrement les nouveau-nés, et même les animaux, disposent de ces représentations non verbales. Dans le cas du nouveau-né, elles sont préverbales, c'est-à-dire indépendantes du langage. Cette capacité à subitiser des petites quantités devrait donc être disponible chez tous les enfants, y compris les enfants sourds, si les problèmes sont non verbaux. Quant à l'estimation, elle correspond à la perception immédiate globale aboutissant à la quantification rapide mais imprécise utilisée pour les collections de plus de six éléments.

2. La représentation auditive verbale

Le système auditif verbal est un système symbolique et asémantique. Il permet de coder la numérosité et intervient dans les activités de calcul précis. La représentation auditive verbale est accessible si l'on présente les nombres par des séquences orales : elle est liée aux formes phonologiques des mots. Pour les auteurs, elle est une représentation auditive. Elle correspond donc à la langue orale.

Ce code fonctionne à partir d'un lexique et d'une combinatoire. La lexicalisation fait correspondre un mot à une seule cardinalité, ceci pour les chiffres de zéro à neuf. Dans le cas du français, ce principe de lexicalisation s'applique aussi aux particuliers de onze à seize, aux termes « vingt, trente..., cent, mille, million... ». La combinatoire syntaxique permet de produire une infinité de nombres à partir de deux types de combinaisons : l'une additive (ex : cent deux), l'autre multiplicative (ex : deux cents).

Pour Dehaene et Cohen (2000), la récupération des faits arithmétiques dépend fortement du langage puisqu'il serait nécessaire de passer par la représentation auditive verbale pour récupérer les résultats directement en mémoire. Cependant, l'étude de divers cas par Dehaene et Cohen (2000) a montré que « *la récupération d'une représentation phonologique correcte des opérandes ne constitue pas une étape première et obligatoire à la récupération des faits arithmétiques. Des patients peuvent très bien avoir une représentation phonologique incorrecte d'un problème arithmétique tout en étant parfaitement capables de récupérer en mémoire la réponse adéquate* » (p. 218).

3. La représentation visuelle arabe

La représentation visuelle arabe est également symbolique et asémantique. Elle correspond à la forme visuelle des nombres arabes. Ce système intervient dans les activités de calcul exact, lorsque les nombres sont présentés visuellement. Ce code est

indépendant du langage. Il fonctionne à partir d'un lexique restreint de chiffres de zéro à neuf et recourt à la notation positionnelle pour coder les puissances de dix.

Dehaene et Cohen (2000) n'envisagent que le système auditif verbal et le système visuel arabe pour permettre ainsi des calculs exacts et précis. Dans notre travail, nous considérons un autre système symbolique : la Langue des Signes Française (LSF). Peu importe que le système soit oral ou non, il doit être symbolique pour aboutir à des évaluations précises.

II. LE DEVELOPPEMENT DES HABLETES D'ADDITION ET DE SOUSTRACTION CHEZ L'ENFANT NORMO-ENTENDANT

1. **Compétences précoces chez le bébé normo-entendant**

Plusieurs études ont montré que le bébé possède déjà des habiletés précoces dans le domaine arithmétique dès ses premiers mois de vie. En effet, dès l'âge de 4-5 mois, il est capable de distinguer si l'ajout ou le retrait proposé sous forme non verbale est possible ou non (épreuve de l'événement impossible de Wynn ; citée par Houde, 1999). Mais Houde (1999) met en évidence une chute de ces performances précoces vers l'âge de 2-3 ans, qui réapparaîtraient au moment de l'entrée à l'école. D'autres études envisagent différemment les compétences arithmétiques du bébé et considèrent que celui-ci se base sur des processus de perception plutôt que sur de supposées habiletés numériques précoces (Clearfield, 2004). Feigenson, Carey et Hauser (2002) ont montré que les bébés de 10 et 12 mois reconnaissent la relation « plus/moins » et sont capables de s'orienter vers la plus grande quantité lorsque deux sont proposées. Cependant, ce résultat n'est valable que pour les petites quantités, à savoir les séries ne comportant pas plus de trois items. Par ailleurs, le choix des bébés reposerait sur la quantité totale et non sur le nombre d'items, ce qui conforte l'idée que le bébé effectue une comparaison des quantités grâce à sa perception, et non grâce à des habiletés numériques. En effet, avant l'âge de 3 ans, on observe chez l'enfant des difficultés pour mettre en lien les représentations mentales préverbales des quantités et l'activité de comptage verbal (Fayol, Camos & Roussel, 2000).

2. Compétences non verbales de l'enfant normo-entendant dès 3 ans

Un grand nombre d'auteurs s'accordent à dire que l'enfant, dès l'âge de 3 ans, possède des compétences arithmétiques précoces, avant tout apprentissage formel à l'école. Barrouillet et Camos (2002) parlent ainsi d'une « *arithmétique intuitive des enfants à l'école maternelle* ». Pour ces auteurs, les enfants savent à quoi correspond additionner avant même d'entrer à l'école.

Différentes études montrent, par ailleurs, que le très jeune enfant est capable de résoudre des additions et des soustractions, mais qu'il est plus aidé lorsque les opérations lui sont présentées sous forme non verbale. Grupe (1995) a mis en évidence que les jeunes enfants de 4 à 6 ans réussissent mieux la résolution de problèmes s'ils peuvent manipuler les objets des données en question. Jordan, Kaplan, Oláh et Locuniak (2006) affirment que le calcul non verbal implique une habileté arithmétique de base, qui émerge après les compétences approximatives du bébé mais avant les compétences conventionnelles de l'arithmétique.

Levine, Jordan et Huttenlocher (1992) ont réalisé une étude sur les capacités de résolution de problèmes additifs et soustractifs, avec des quantités inférieures à six, par des enfants de 4 à 6 ans et demi. Trois formats de problèmes sont présentés : problèmes non verbaux (présentation d'une série d'objets à laquelle on ajoute ou on enlève des éléments, l'enfant ayant à reproduire le nombre d'éléments de la série finale), problèmes présentant des faits arithmétiques (par exemple, on demande à l'enfant « combien font m et n ? », ou « combien font m auquel on retire n ? »), et problèmes présentés sous forme d'une histoire (par exemple : « Mike a m balles. Il en trouve n de plus. Combien de balles a-t-il en tout ? », ou « Kim a m crayons. Elle en perd n . Combien de crayons a-t-elle encore ? »). Pour tous les enfants, une meilleure réussite est observée pour les problèmes non verbaux que pour les autres. Les auteurs expliquent ceci par le fait que les référents physiques sont disponibles pour l'enfant, et que l'opération d'ajouter ou de soustraire est donnée par l'acte physique de combiner ou de séparer les séries d'objets. Pour les deux autres types de problèmes, l'enfant doit analyser un input linguistique, ce qui est source de plus d'erreurs à cet âge. Dans ce type de tâches, il faut prendre en compte les facteurs linguistiques, les facteurs mnésiques, et la disponibilité des référents physiques correspondant aux numérosités présentées. Cette étude met en évidence des habiletés précoces des enfants pour ajouter et soustraire, habiletés reposant sur leurs expériences de combinaison et de séparation des séries d'objets dans le monde. De plus, cette habileté

précède le développement des méthodes verbales conventionnelles de calcul. Pour le très jeune enfant, la représentation des quantités est possible si des référents physiques sont présents. Fayol, Camos et Roussel (2000) observent aussi de meilleures performances de l'enfant quand celui-ci utilise un code analogique plutôt qu'un codage verbal, la dénomination arbitraire des mots nombres ne renvoyant pas facilement aux quantités.

3. Compétences arithmétiques développées en lien avec le langage

D'autres études ont été menées pour savoir si les capacités de calcul observées en maternelle diffèrent selon le niveau social des enfants, en lien notamment avec leur niveau langagier. Une première étude réalisée auprès d'enfants de maternelle âgés de 5-6 ans a mis en évidence un effet non significatif du niveau social pour les tâches non verbales, mais une différence marquée pour les tâches arithmétiques verbales à savoir les problèmes présentant des faits arithmétiques et les problèmes présentés sous forme d'histoire (Jordan, Huttenlocher & Levine, 1992). Ainsi, toutes les capacités de l'enfant ne seraient pas sensibles au facteur environnemental : avant l'instruction formelle en mathématiques, les enfants développent déjà des capacités arithmétiques non verbales. Cependant, le contexte environnemental et langagier semble influencer le développement des compétences arithmétiques verbales.

Une étude longitudinale des mêmes auteurs tente de suivre le devenir des compétences arithmétiques de ces enfants de milieux sociaux différents (Jordan, Levine & Huttenlocher, 1994). En classe de CP (enfants de 6 à 7 ans et demi), on ne note toujours pas d'effet du milieu social pour la résolution de la tâche non verbale. On observe également que les deux groupes d'enfants ont des performances similaires aux problèmes présentant des faits numériques, alors qu'en maternelle ces mêmes problèmes sont plus échoués par les enfants de milieu social défavorisé. Cependant, les enfants de niveau social moyen ont toujours des performances meilleures en résolution de problèmes présentés sous la forme d'histoire que les enfants de niveau social faible, ce qui suggère que le facteur environnemental et langagier influence le développement des compétences arithmétiques verbales. Camos (2004) observe également un lien entre les capacités langagières et la construction du nombre. Pour résoudre des additions, l'enfant utilise, à 3 ans, des collections d'objets pour matérialiser chaque nombre et effectue l'addition avec l'aide du pointage manuel. Puis vers 4-5 ans, il s'aide du comptage digital ou du comptage verbal. La pratique des activités numériques semble très associée à l'utilisation

du langage. Cette relation est mise en évidence par l'observation de résultats d'enfants avec déficit langagier (dysphasiques ou sourds) qui présentent des difficultés dans les apprentissages numériques (Camos, 2004), mais des recherches restent à mener dans ce domaine, en particulier chez les enfants sourds, dont l'acquisition du langage est plus difficile et qui ont des habiletés arithmétiques différant de celles des normo-entendants.

III. SURDITE : LANGAGE ET HABILITES ARITHMETIQUES

1. Généralités sur la surdité

La surdité est définie comme une perte totale ou partielle de l'audition. Il s'agit en effet d'une déficience auditive dont les conséquences sont multiples quant à la communication, le développement du langage, la perception et l'intelligibilité de la parole, la voix, la construction identitaire, l'intégration scolaire et sociale,... (Dumont, 2004). Il existe diverses étiologies, formes et degrés de surdité.

1.1. Types de surdité

D'après Virole et Huygues (2004), les surdités de transmission sont dues à une déficience de l'oreille externe, c'est-à-dire du pavillon ou du conduit auditif externe, ou de l'oreille moyenne, à savoir le tympan ou la chaîne ossiculaire. Généralement l'atteinte ne dépasse pas 60 dB et on note peu de déformations acoustiques. Ces surdités sont réversibles et accessibles aux traitements médicaux. (Cf. **Annexe II.1 – Figure 15 : Schéma de l'oreille**)

Les surdités de perception endocochléaires sont dues à une atteinte de l'oreille interne, plus particulièrement des cellules sensorielles de l'organe de Corti de la cochlée. On note une perte de l'intensité et une distorsion du message acoustique qui se traduit par une perte des propriétés de discrimination fréquentielle.

Les surdités de perception rétrocochléaires sont des surdités dues à une atteinte des voies auditives (neurinome de l'acoustique).

Les surdités mixtes consistent en l'association d'une surdité de transmission et d'une surdité de perception simultanément.

1.2. Degrés de surdité

Le BIAP (Bureau International d'AudioPhonologie) définit divers degrés de surdité, présentés par Virole et Huygues (2004) et Dumont (2004) (**Cf. Annexe II.2 – Figure 16 : Echelle des degrés de surdité**)

L'audition normale correspond à une perte auditive comprise entre 0 et 20 dB : la parole est perçue sans difficulté.

La déficience auditive légère correspond à une perte auditive comprise entre 20 et 40 dB. La parole est bien perçue et s'acquiert sans difficulté bien qu'on note tout de même des répercussions sur l'intelligibilité et la reconnaissance phonétique.

La déficience auditive moyenne correspond à une perte auditive comprise entre 40 et 70 dB. La voix est perçue mais de nombreux éléments phonétiques ne le sont pas. L'acquisition de la parole reste toutefois possible avec un appareillage audioprothétique et une aide orthophonique.

La déficience auditive sévère correspond à une perte auditive comprise entre 70 et 90 dB. Seule la parole forte est perçue. L'acquisition du langage oral n'est alors possible qu'avec un appareillage audioprothétique ou un implant cochléaire, et une rééducation orthophonique. Il est plus aisé d'entrer en communication par des signes.

La déficience auditive profonde correspond à une perte auditive au-delà de 90 dB. On distingue également la déficience auditive profonde de premier, de deuxième, et de troisième degré, dont le seuil auditif est respectivement entre 90 et 100 dB, entre 100 et 110 dB, et au-delà de 110 dB. Aucune parole n'est perçue. On remarque une perte d'intensité et une distorsion des sons. L'acquisition du langage oral est très difficile. Elle nécessite un appareillage audioprothétique puissant ou un implant cochléaire, et une aide orthophonique soutenue.

La cophose est une surdité totale, c'est-à-dire au-delà de 120 dB de perte.

1.3. Date d'acquisition de la surdité

D'après Virole et Huygues (2004) et Dumont (2004), Les surdités précoces sont des surdités présentes à la naissance. Soit elles sont prénatales (génétiques, pathologies

embryonnaires ou fœtales), soit elles sont néonatales (pathologies néonatales infectieuses ou anoxiques).

Les surdités postnatales prélinguales sont acquises au cours de la première année et la deuxième année de vie, c'est-à-dire avant l'acquisition du langage.

Les surdités linguales apparaissent entre 2 et 5-6 ans, à savoir pendant l'acquisition du langage. Les répercussions sur le langage sont importantes mais moindres que pour les surdités prélinguales dans la mesure où l'enfant possède certains acquis articulatoires et phonétiques.

Les surdités postlinguales apparaissent après l'acquisition du langage, c'est-à-dire après 5-6 ans.

1.4. Appareillage et effet sur le développement du langage oral

Les prothèses auditives ont pour but d'amplifier le signal sonore et ainsi de pallier la déficience auditive (Goust, 2003).

Elles comportent un microphone qui capte le son, un système de traitement du son qui amplifie le signal, et un écouteur pour la voie aérienne ou un vibreur pour la voie osseuse en ce qui concerne la sortie. Il existe plusieurs sortes de prothèses. (Cf. **Annexe II.3 – Figure 17 : Un exemple d'appareillage audioprothétique**)

Pour la plupart des enfants sourds sévères ou profonds, le port de prothèses auditives classiques est insuffisant pour qu'ils développent un bon niveau de langage oral. Le son est amplifié de manière continue mais il subit parfois des distorsions de fréquence. Un retard langagier est très fréquemment observé chez les enfants sourds profonds porteurs de prothèses auditives classiques. (Leybaert, Schepers, Renglet, Simon, Serniclaes, Deltenre, Marquet, Mansbach, Périer & Ligny, 2005 ; Goust, 2003).

1.5. Implant cochléaire et effet sur le développement du langage oral

L'implant cochléaire est destiné aux personnes souffrant d'une surdité de perception endocochléaire profonde et pour lesquelles un appareillage classique ne suffit pas. Il vise à restaurer une perception auditive et permet aux sourds profonds de naissance ou

devenus sourds d'accéder au monde oral. (Cf. **Annexe II.4 – Figure 18 : Schéma de l'implant cochléaire**)

Il s'agit d'une prothèse auditive comportant une partie externe (avec un microphone, une prothèse vocale et une antenne émettrice) et une partie interne (avec un récepteur stimulateur et un porte-électrodes). Sur le plan fonctionnel, les vibrations sont captées par le microphone puis transmises au processeur vocal qui analyse les caractéristiques acoustiques. Celui-ci transmet alors un signal électrique grâce à l'antenne émettrice. Ensuite, la cochlée reçoit les stimulations électriques par les électrodes (Dumont, 1996 ; Leybaert & al., 2005).

L'implant cochléaire permet à l'enfant, grâce à une perception plus précise de la parole, de mettre en place un contrôle auditif de ses productions vocales. On observe un gain dans la production langagière des enfants atteints de surdités congénitales ou prélinguistiques (avant l'âge de 3 ans) et porteurs d'un implant cochléaire. La découverte du monde sonore s'effectue rapidement dès la pose de l'implant. « *L'implant cochléaire fournit à l'enfant des informations pertinentes pour construire sa compétence verbale et tout spécialement le versant phonologique de la langue* » (Dumont, 1996, p.115). Selon Leybaert et al. (2005), l'implant cochléaire « *permet aux enfants sourds profonds un développement du langage oral jusque-là jamais atteint tant au niveau de la compréhension que de l'expression* » (p.174). Bien entendu, l'implant cochléaire à lui seul ne suffit pas à l'acquisition du langage oral de l'enfant: une éducation auditive du monde sonore qui l'entoure est indispensable.

L'implant cochléaire est plus efficace qu'une prothèse auditive ordinaire pour le développement de la perception et de la production de la parole par l'enfant (Preisler, 2001). Leybaert et al. (2005) précisent que l'amplification auditive apportée par les prothèses auditives est insuffisante, sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif, et que seul l'implant cochléaire permet aux enfants sourds de développer efficacement un langage oral. Ces mêmes auteurs notent une meilleure progression dans le développement du langage expressif chez les enfants implantés que chez les enfants non implantés. Leur niveau de langage est quasiment égal à celui des enfants à audition normale, alors qu'un retard langagier, s'accroissant avec l'âge, est observé chez les enfants porteurs de prothèses auditives. Les enfants sourds implantés présentent parfois, eux aussi, un retard de langage mais moins important que les enfants appareillés.

2. Langage et modes de communication chez l'enfant sourd

Dans le cas d'une surdité congénitale, l'enfant déficient auditif est privé dès sa naissance des informations sonores de l'environnement dans lequel il vit. Quel que soit son appareillage, il ne perçoit pas les sons de la parole de la même façon qu'un enfant normo-entendant : les sons perçus sont affaiblis ou déformés. Le langage se développe chez l'enfant normo-entendant grâce à la richesse du modèle langagier transmis par l'entourage. Chez l'enfant sourd, l'accès à ces nombreuses informations sonores est très limité, voire inexistant, ce qui va influencer sur le développement du langage.

On distingue deux groupes d'enfants sourds n'ayant pas le même développement langagier. Le premier groupe est constitué d'enfants sourds de parents normo-entendants ou sourds oralistes. Ces enfants reçoivent une éducation oraliste car leurs parents communiquent à l'oral et ne maîtrisent pas la Langue des Signes Française (LSF). Certains de ces enfants apprennent la LSF mais de façon tardive, soit à l'école, soit quand leurs parents font le choix de l'apprendre. Leur maîtrise de cette langue, qui n'est pas leur langue maternelle, reste très incertaine. Le deuxième groupe est constitué d'enfants sourds de parents sourds signants. Ces enfants reçoivent une éducation signante et sont exposés dès leur naissance à un environnement langagier en LSF riche et complet.

2.1. Développement du langage des enfants sourds de parents normo-entendants ou de parents sourds oralistes

Les enfants sourds de parents normo-entendants ou de parents sourds oralistes (très souvent sourds moyens ou sévères) reçoivent des informations parcellaires du monde sonore. Le bain langagier se limite aux messages qui sont directement transmis au bébé par le biais de la lecture labiale. Même ces messages sont incomplets car la lecture labiale ne permet pas de discriminer tous les contrastes phonologiques de la langue orale (Leybaert, Charlier, Hage & Alegria, 1996). L'acquisition d'un langage oral de bonne qualité est donc compromise. Vinter (1996) indique que « *la surdité congénitale ou précoce entraîne divers obstacles dans les acquisitions perceptives ainsi que dans l'acquisition du langage* » (p.26).

Les difficultés de perception des émissions vocales des parents entraînent des difficultés de production, le bébé n'étant pas en mesure d'imiter les productions parentales qui sont

perçues de façon incomplète. Stark, en 1983, (cité par Vinter, 1996) décrit un développement des vocalisations plus lent chez les enfants à déficience auditive, et un répertoire des sons vocaliques et consonantiques plus limité et plus stéréotypé que chez les enfants normo-entendants. Oller et Eilers, en 1988, (cités par Vinter, 1996) observent une entrée tardive dans le babillage canonique pour les enfants sourds, entre 11 et 25 mois, les enfants normo-entendants y entrant entre 6 et 10 mois. Mogford, en 1988, (cité par Vinter, 1996) parle de déviations quantitatives et qualitatives des vocalisations des enfants à déficience auditive.

Par ailleurs, le comportement des parents change quand ils se trouvent confrontés au handicap de leur enfant. Ils éprouvent des difficultés à le traiter en tant que « *partenaire de la conversation* » (Lepot-Froment & Clerebaut, 1996). La mère ne parvient plus à trouver du plaisir dans l'interaction avec l'enfant et tend à utiliser un style plus directif que ludique. Les situations de communication sont moins harmonieuses qu'au sein des dyades mère et enfant normo-entendants : la mère d'un enfant sourd tient moins fréquemment compte du centre d'intérêt de l'enfant, du thème de son activité. De plus, les vocalisations du jeune enfant sourd semblent plus rarement susciter une réponse maternelle que celles du jeune enfant normo-entendant, car celles-ci se produisent à des moments inappropriés de l'interaction (Gregory, 1988 ; cité par Lepot-Froment & Clerebaut, 1996).

Les parents normo-entendants ou sourds oralistes souhaitent généralement une éducation oraliste pour leur enfant sourd. Or, le succès trop variable de ce mode de communication amène souvent à une introduction tardive de la LSF. Les recherches portant sur l'hypothèse d'une période critique pour l'acquisition du langage ont mis en évidence que, plus l'enfant est exposé de façon précoce et opportune à une langue quelle qu'en soit la modalité, plus il est facile pour lui de l'apprendre. Le traitement du langage est établi à un âge très précoce, sa pleine maîtrise est difficile à atteindre lorsqu'il est acquis après le début de l'enfance. Ainsi, lorsque l'enfant n'est pas exposé précocement à une langue précise, complète et adaptée à ses possibilités de perception, des difficultés d'acquisition s'ensuivent (Hage, 2005).

Associé à la langue orale, un code manuel existe pour compléter l'information orale partielle à destination de l'enfant sourd : le Langage Parlé Complété (LPC). Le LPC est un code qui complète la lecture labiale, celle-ci transmettant des informations lacunaires. Le LPC permet à l'enfant sourd de recevoir visuellement la totalité de la chaîne parlée et d'acquérir une conscience phonologique. L'association de la lecture labiale et du LPC

permet à l'enfant de développer un bon niveau de langage, grâce à une réception de la parole de haut niveau (Leybaert, Charlier, Hage & Alegria, 1996). Il existe cependant des différences interindividuelles selon l'âge de début de l'utilisation du LPC (performances meilleures pour le groupe LPC-Maison, comprenant des enfants exposés au code LPC à la maison dès le plus jeune âge, que pour le groupe LPC-Ecole, comprenant des enfants exposés au code LPC dans le seul cadre de l'école). Les études s'accordent sur le fait que le LPC représente un apport fondamental pour le développement du langage oral. Des travaux anglo-saxons ont montré que les enfants exposés de façon précoce au Cued Speech (équivalent du LPC en anglais) connaissent un développement du langage oral comparable à celui d'enfants normo-entendants, en tout cas sur le plan réceptif (Leybaert, Charlier, Hage & Alegria, 1996).

Lorsque les enfants sourds de parents normo-entendants ou de parents sourds oralistes ne bénéficient pas de l'apport du LPC pour compléter la langue orale à laquelle ils sont exposés, ceux-ci présentent souvent un retard langagier par rapport aux enfants normo-entendants de même âge et « *la plupart des enfants sourds de parents entendants n'ont développé de compétence sophistiquée dans aucune langue native (signée ou parlée) au moment où ils entrent à la maternelle* » (Ducharme & Mayberry, 2005, p.17).

2.2. Développement du langage des enfants sourds de parents sourds signants

Lorsque les parents de l'enfant sourd sont sourds signants et qu'ils font le choix de transmettre la Langue des Signes Française (LSF) à leur enfant, celui-ci est naturellement confronté dès sa naissance à un bain langagier tout aussi riche et complet que l'est celui du langage oral pour l'enfant normo-entendant. Les difficultés d'acquisition du langage mises en évidence chez les enfants sourds recevant une éducation oraliste ne sont pas observées ici (Ducharme & Mayberry, 2005).

Une étude de Maestas y Moores en 1980 (cité par Lepot-Froment et Clerebaut, 1996) a permis d'observer sept familles composées de parents sourds en situation de communication avec leur enfant. L'analyse de la communication met en avant une richesse des échanges établis avec l'enfant et une diversité des moyens de communication utilisés par les mères (vocalisations et paroles, gestes et signes, épellation digitale, ...). On parle ici d'une « *approche communicative totale* » qui permet l'instauration d'un environnement communicatif stimulant. Une étude de Erting et al. en 1990 (cités par Lepot-Froment & Clerebaut, 1996) analyse les interactions en face-à-face entre les mères

sourdes et leur enfant et montre que celles-ci présentent des visages à expression affective positive pendant la plus grande partie du temps d'interaction (70 à 80 % du temps, contre 50 % dans les interactions mère-enfant normo-entendants). Il a également été observé que les mères sourdes utilisent leurs expressions de visage pour engager avec le bébé des épisodes de « duo co-actif » (la mère et l'enfant réalisent simultanément une même expression faciale), et ces épisodes correspondraient aux « *vocalisations à l'unisson* » observées dans la dyade mère-enfant normo-entendants.

L'apport en LSF par les parents permet à l'enfant sourd d'avoir un système de communication dès sa naissance et de développer un langage construit, qui suit la même progression que le langage oral chez l'enfant normo-entendant. Chez de jeunes enfants sourds précocement exposés à l'ASL (American Signs Language), la production des premiers items lexicaux est précédée par la production d'un « *babil en signes* ». Une étude montre même des ébauches de gestes conventionnels de l'ASL dès l'âge de 2 mois chez des enfants de parents sourds (Maestas y Moores & Rondal, 1981 ; cités par Lepot-Froment, 1996). Petitto et Marentette (cités par Lepot-Froment, 1996) évoquent en 1991 un « *programme général d'acquisition du langage, dont les étapes de mise en œuvre seraient similaires, en langue des signes et en langue orale* » (p.172). Les premiers signes linguistiques apparaissent au même moment que les premiers mots chez les enfants normo-entendants.

Comme pour la langue orale, une période critique s'applique à la LSF. Lorsque celle-ci n'est pas transmise précocement à l'enfant, son acquisition est plus difficile par la suite. Le facteur important est l'exposition précoce au langage. Dans le cas des enfants sourds signants de naissance, l'exposition précoce à une langue adaptée et précise leur permet de développer un langage de qualité équivalente à celui des enfants normo-entendants. Cette idée d'une période critique pour l'acquisition de la langue des signes a été décrite par Newport en 1993 et Mayberry en 1993 (cités par Lepot-Froment, 1996). Ces auteurs ont mis en évidence un effet de l'âge d'acquisition de la langue : la maîtrise de l'ASL des « *signeurs de naissance* » surpasse celle des « *signeurs précoces* » (exposés à l'ASL depuis l'âge de 4 à 6 ans), et elle-même surpasse celle des « *signeurs tardifs* » (exposés à l'ASL après 12 ans). C'est donc l'âge de début de l'exposition à la langue des signes qui détermine le degré de maîtrise de la langue, et non la durée de cette exposition.

3. Système de numération en Langue des Signes Française

En Langue des Signes Française, les nombres sont exprimés avec les deux mains. Les enfants normo-entendants peuvent éventuellement s'aider des doigts pour compter, ils les utilisent pour représenter les objets à dénombrer par exemple. En revanche, les enfants sourds signants utilisent les doigts comme signes conventionnels qui représentent les nombres et non les objets.

Comme pour les autres signes, chacun a une main « dominante » et une « main de base ». Leybaert (2006) précise que les nombres signés ont une structure sur la base dix mais ils s'articulent autour d'un pivot à la valeur cinq. En effet, pour les chiffres de un à cinq, la personne signante utilise sa main dominante seulement : la paume est tournée vers le corps et les doigts en direction du haut. Ensuite, pour les nombres de six à dix, elle rajoute la main de base : la paume est tournée vers le corps et les doigts vers le haut. De même, la seule main dominante est utilisée pour les nombres de onze à quinze : la paume est tournée vers le corps et il y a mouvement des doigts vers le haut. On ajoute la main de base pour les nombres de seize à dix-neuf : la paume est tournée vers le corps mais il y a mouvement des doigts en direction du bas (Galant, 2003). (Cf. **Annexe III – Figure 19 : Numération en LSF**)

4. Habiletés d'addition et de soustraction chez l'enfant sourd

Les enfants normo-entendants ont des compétences arithmétiques non verbales dès l'âge de 3 ans : ils sont capables de résoudre des additions et des soustractions lorsque celles-ci sont présentées sous une forme non verbale.

Les enfants sourds ont également une connaissance arithmétique informelle à l'âge préscolaire. Ils peuvent mentalement se représenter les nombres. Ils commencent à compter et à utiliser leur connaissance de comptage pour résoudre les additions et les soustractions (Nunes, 2004). Nunes (2004) ajoute que les jeunes enfants sourds sont aussi performants que leurs pairs normo-entendants dans n'importe quelle tâche qui fait intervenir la connaissance arithmétique informelle, à savoir la connaissance présente avant l'apprentissage formel des mathématiques à l'école. Les enfants sourds de 3-4 ans sont ainsi capables de produire un rang d'objets d'après un modèle antérieurement

présenté spatialement ou séquentiellement. La présentation spatiale consiste à montrer tous les items du modèle en même temps : l'enfant voit alors toute la série en une seule fois. La condition séquentielle correspond quant à elle à une présentation des items de la collection un à un. Nunes (2004) évoque également des tâches de résolution de problèmes sous forme de changement additif et soustractif « *direct* », par manipulation de figurines dans une boîte : il s'agit de problèmes dans lesquels une quantité initiale (a) est modifiée par un événement (b) : le résultat de ce changement (x) est alors demandé ($a+b=x$ ou $a-b=x$). Si la quantité dans l'histoire est augmentée, l'enfant doit ajouter, et si la quantité est diminuée, il doit enlever. Les enfants sourds comme les normo-entendants ont des compétences qui ne diffèrent pas sur ce type de problèmes. De plus, les additions et les soustractions sont aussi faciles l'une que l'autre. D'ailleurs, selon Vergnaud (cité par Nunes, 2004), l'addition et la soustraction sont des procédures différentes relevant du même concept, et non deux concepts distincts : elles évoquent le même concept mais en des termes différents. Dans cette logique, les enfants devraient obtenir les mêmes résultats pour la résolution des additions et celle des soustractions.

Selon Barrouillet et Camos (2002) et Leybaert (2006), les enfants sourds et les enfants normo-entendants ont les mêmes stratégies pour résoudre les problèmes. Pourtant Nunes (2004) a montré que, contrairement aux enfants normo-entendants, les enfants sourds développent préférentiellement des méthodes informelles pour résoudre des problèmes arithmétiques et quelques enfants sourds oralistes résolvent ces mêmes problèmes en utilisant le comptage vocal. Ces différences de stratégies s'expliquent par les difficultés linguistiques rencontrées par les sourds (Leybaert, 2006 ; Barrouillet & Camos, 2002). En effet, Nunes (2004) a montré que les enfants sourds présentent très souvent des difficultés dans les activités d'énonciation de la chaîne numérique verbale, de comptage et de dénombrement, lesquelles sont toutes trois des activités nécessitant l'utilisation du langage oral lors d'un traitement séquentiel. La difficulté d'un problème ne vient donc pas de l'opération à réaliser, addition ou soustraction, mais de la présentation du problème (Nunes, 2004) : en effet, le niveau langagier intervient pour beaucoup dans la résolution d'un problème. Mais lorsqu'on présente le même problème de manière non verbale, les enfants sourds sont aussi performants que leurs pairs normo-entendants.

Peu d'études s'intéressent à proprement parlé à la résolution d'additions et de soustractions simples chez le jeune enfant sourd. Nous savons donc que les enfants sourds disposent, tout comme les enfants normo-entendants, d'une connaissance informelle leur permettant de résoudre des petits problèmes présentés de manière non verbale. La

difficulté apparaît plus tard lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes présentés sous forme langagière.

Le modèle du Triple code (Dehaene & Cohen, 2000) indique que tous les êtres humains disposent d'une représentation innée des quantités, la représentation analogique. Chacun dispose en particulier d'une représentation innée des petites numérosités. Ces représentations sont préverbales. Elles sont indépendantes du langage et devraient donc être accessibles aux enfants sourds. Tous les enfants, normo-entendants et sourds, devraient être capables de résoudre des petits problèmes non verbaux faisant intervenir des petites numérosités. Au-delà de ces petites quantités, la résolution de problèmes nécessite l'utilisation d'un code symbolique pour parvenir à des résultats exacts et précis. Ces auteurs n'envisagent dans leur modèle que le code auditif verbal et le code visuel arabe. Nous ajoutons à ces deux codes celui associé à la LSF utilisé par les sourds dont la LSF est la langue maternelle. Il semble que l'important soit l'existence d'un code symbolique permettant des évaluations précises des quantités ; peu importe qu'il soit oral ou non. Il s'agit alors de comparer les performances de résolution d'additions et de soustractions simples des enfants normo-entendants et des enfants sourds. Plus particulièrement, il faut distinguer les enfants sourds de parents normo-entendants ou sourds oralistes et les enfants sourds de parents sourds signants : les premiers recourent au code symbolique oral, bien qu'ils présentent très souvent un retard de langage par rapport à leurs pairs normo-entendants ; les seconds recourent au code symbolique associé à la LSF.

Chapitre II
PROBLEMATIQUES ET
HYPOTHESES

I. PROBLEMATIQUES

D'après le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000), le traitement du nombre mobilise le système de représentation analogique, inné, qui correspond aux connaissances informelles de l'enfant et pourrait donc suffire pour traiter les petites quantités (jusqu'à quatre ou cinq). Les enfants normo-entendants, les enfants sourds oralistes et les enfants sourds signants en disposent-ils tous ? Les enfants normo-entendants et les enfants sourds ont-ils les mêmes habiletés arithmétiques pour le traitement des petites numérosités ? Leurs performances sont-elles similaires dans une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions simples, lorsque les quantités à manipuler sont inférieures ou égales à cinq ?

Au-delà de cinq, un code symbolique semble nécessaire, en général la représentation auditive verbale. Ce modèle implique l'existence d'un lien entre les compétences numériques et la maîtrise du langage oral. Or, les enfants sourds oralistes de parents normo-entendants ou de parents sourds oralistes, n'ayant pas bénéficié de l'apport du LPC et d'une implantation cochléaire, présentent des difficultés d'acquisition du langage oral et l'on observe souvent chez ces enfants un retard de langage. La représentation symbolique décrite comme nécessaire au développement de compétences numériques permettant de réaliser un traitement précis du nombre au-delà des petites numérosités, est donc acquise plus difficilement. Le retard de langage observé chez les enfants sourds oralistes a-t-il un effet négatif sur le traitement des grandes quantités numériques dans la mesure où le code symbolique qu'est la langue orale est acquis plus difficilement ? Les performances sont-elles moins bonnes que celles des enfants normo-entendants dans une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions simples au-delà des petites numérosités ?

En ce qui concerne les enfants sourds signants de parents sourds signants, la Langue des Signes Française (LSF), en tant que langue maternelle de l'enfant, permet l'acquisition d'un langage aussi élaboré que celui des enfants normo-entendants. Celle-ci ne se base pas sur la perception auditive des enfants, mais peut-elle être considérée comme un code symbolique équivalent à la représentation auditive verbale et permettre aux enfants sourds signants de parents sourds signants d'acquérir des habiletés numériques aussi précises que celles des enfants normo-entendants pour le traitement des grandes quantités ? Dans ce cas, leurs performances en résolution d'additions et de soustractions simples sont-elles similaires à celles des enfants normo-entendants, même au-delà des petites numérosités ?

II. HYPOTHESES

Pour le traitement des petites quantités qui dépendent de la représentation analogique, les enfants normo-entendants, les enfants sourds oralistes et les enfants sourds signants possèderaient les mêmes habiletés puisqu'il s'agit de connaissances informelles. Nous nous attendons à ce que les performances des trois groupes d'enfants en résolution d'additions et de soustractions simples soient similaires pour les opérations requérant la manipulation non verbale de petites numérosités.

De plus, nous supposons que le retard de langage des enfants sourds oralistes de parents normo-entendants ou de parents sourds oralistes, n'ayant pas bénéficié d'un apport en LPC et d'une implantation cochléaire, ne leur permet pas de développer une représentation numérique symbolique aussi précise que celle des enfants normo-entendants. En référence au modèle du Triple Code, leurs représentations et traitements numériques précis en seraient donc affectés. Leurs performances en résolution d'additions et de soustractions simples pour lesquelles de grandes quantités sont manipulées non verbalement seraient moins bonnes que celles des enfants normo-entendants du même âge. Nous supposons cependant qu'il ne s'agit pas de difficultés de compréhension des problèmes mais de difficultés de précision dans les calculs. Leurs réponses respecteraient donc le sens de l'opération tout autant que celles des enfants normo-entendants.

Enfin, la LSF serait un code symbolique au même titre que le langage oral. Les enfants sourds signants de parents sourds signants, dont la LSF est la langue maternelle, devraient donc développer une représentation et un traitement numériques aussi précis que ceux des enfants normo-entendants. Leurs représentations numériques devraient être aussi élaborées et leurs performances à une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions équivalentes à celles des enfants normo-entendants du même âge, même lorsque de grandes quantités sont manipulées non verbalement.

Chapitre III
PARTIE EXPERIMENTALE

I. POPULATION

Nous avons constitué trois groupes d'enfants : les enfants normo-entendants, les enfants sourds oralistes et les enfants sourds signants.

En plus de la tâche non verbale d'additions et de soustractions, tous les enfants ont passé le test BMP, qui signifie Borel-Maisonny Petit (Borel-Maisonny, 1946, réétalonnage Forgue, 1973), test de niveau mental non verbal pour les enfants de 2 ans à 5 ans et demi. Plus particulièrement, nous avons fait passer les épreuves quantitatives de manière à obtenir pour chaque enfant un âge de développement (AD) et un quotient de développement (QD). L'obtention du quotient de développement (QD) permet d'une part de vérifier qu'aucun enfant ne présente de déficience mentale et d'autre part d'apparier les enfants entre eux.

1. Population d'enfants normo-entendants

1.1. Critères d'inclusion

Tout d'abord, les enfants normo-entendants sont tous âgés de 3, 4 ou 5 ans (jusqu'au sixième anniversaire non inclus) au moment du test. De plus, ces enfants ont tous comme langue maternelle le français.

1.2. Critères d'exclusion

Les enfants ne présentent aucun trouble particulier connu (neurologique, intellectuel, moteur, visuel, ...), pouvant entraîner des difficultés de réalisation de la tâche présentée.

Ils n'ont notamment aucun trouble ou retard de langage. L'apprentissage du langage oral n'ayant pas posé de difficulté, on suppose que la représentation auditive verbale décrite dans le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000), requérant la maîtrise du code symbolique qu'est le langage, peut donc être utilisée par ces enfants.

1.3. Enfants normo-entendants testés

Nous avons testé soixante-et-un enfants normo-entendants. Parmi ces enfants, dix-huit sont scolarisés en classe de Petite Section de Maternelle (PSM), vingt-deux en Moyenne

Section de Maternelle (MSM) et vingt-et-un en Grande Section de Maternelle (GSM), à l'école maternelle Saint-Exupéry de Saint-Maurice-de-Beynost (Ain). L'âge moyen est de 4 ans 8 mois. Le QD moyen est de 97. Parmi ces enfants, on compte trente-trois filles (âge moyen de 4 ans 8 mois, QD moyen de 99) et vingt-huit garçons (âge moyen de 4 ans 8 mois, QD moyen de 93). (Cf. **Annexe IV – Tableau 3 : Population**)

1.3.1. Enfants normo-entendants de 3 ans

Quatorze enfants sont âgés entre 3 et 4 ans. L'âge moyen est de 3 ans 8 mois. Le QD moyen est de 103. On compte huit filles (âge moyen de 3 ans 7 mois, QD moyen de 105) et six garçons (âge moyen de 3 ans 9 mois, QD moyen de 99).

1.3.2. Enfants normo-entendants de 4 ans

Vingt-six enfants sont âgés entre 4 et 5 ans. L'âge moyen est de 4 ans 6 mois. Le QD moyen est de 100. On compte quatorze filles (âge moyen de 4 ans 6 mois, QD moyen de 101) et douze garçons (âge moyen de 4 ans 5 mois, QD moyen de 99).

1.3.3. Enfants normo-entendants de 5 ans

Vingt-et-un enfants sont âgés entre 5 et 6 ans. L'âge moyen est de 5 ans 5 mois. Le QD moyen est de 90. On compte onze filles (âge moyen de 5 ans 6 mois, QD moyen de 91) et dix garçons (âge moyen de 5 ans 5 mois, QD moyen de 89).

1.3.4. Tableau récapitulatif

| | NOMBRE | ÂGE MOYEN | QD MOYEN |
|------------------|--------|--------------|----------|
| Normo-entendants | 61 | 4 ans 8 mois | 97 |
| NE 3 ans | 14 | 3 ans 8 mois | 103 |
| NE 4 ans | 26 | 4 ans 6 mois | 100 |
| NE 5 ans | 21 | 5 ans 5 mois | 90 |

Tableau1 : Nombre, âge et QD moyens des enfants normo-entendants

2. Population d'enfants sourds

2.1. Critères d'inclusion

Comme pour le groupe des enfants normo-entendants, tous les enfants sourds sont âgés de 3, 4 ou 5 ans (jusqu'au sixième anniversaire non inclus) au moment du test.

Les enfants ont une surdité de perception, depuis la naissance. Cette surdité est donc précoce et présente avant la période d'acquisition du langage.

Ils sont sourds sévères ou profonds. Les restes auditifs des enfants sont donc faibles et ne leur permettent pas, à eux seuls, de percevoir les messages de la langue orale de façon complète.

Les enfants peuvent porter un appareillage. Comme cela a été noté dans la partie « Appareillage et effet sur le développement du langage oral », les prothèses auditives amplifient le signal sonore mais ne suffisent pas à elles seules pour que les enfants sourds développent un bon niveau de langage oral.

Pour les enfants sourds oralistes, leurs parents sont normo-entendants ou sourds oralistes, et le mode de communication dominant est le langage oral. La langue maternelle est le français. Ces enfants ayant une surdité sévère ou profonde depuis la naissance, on suppose que leur niveau de langage oral est inférieur à celui des enfants normo-entendants de même âge et qu'ils présentent donc un retard de langage.

Pour les enfants sourds signants, leurs parents sont sourds signants et le mode de communication est la Langue des Signes Française (LSF). Pour ces enfants dont la langue maternelle est la LSF, le modèle linguistique a été transmis de façon précise et complète dès la naissance. On suppose donc que ces enfants ne présentent pas de retard de langage et qu'ils ont un niveau de langage en LSF équivalent à celui des enfants normo-entendants en langage oral.

2.2. Critères d'exclusion

Tout d'abord, les enfants sourds testés ne portent pas d'implant cochléaire. En effet, comme cela a été vu dans la partie « Implant cochléaire et effet sur le développement du langage oral », l'implant cochléaire a pour but de restaurer au mieux la perception auditive afin qu'elle se rapproche de l'audition normale. Le développement du langage

oral est donc facilité chez les enfants porteurs d'un implant, et l'on observe moins souvent ou à moins grande échelle un retard de langage oral chez ces enfants, que chez les enfants sourds oralistes non implantés.

Ensuite, les enfants sourds de notre population ne bénéficient pas de l'apport du LPC (Langage Parlé Complété) permettant une plus grande précision du message oral transmis.

Enfin, les enfants ne présentent pas de trouble associé connu (neurologique, intellectuel, moteur, visuel, ...) en dehors de la surdité, qui pourrait entraîner des difficultés de réalisation de la tâche proposée.

2.3. Enfants sourds testés

Concernant la population d'enfants sourds, nous avons rencontré trente-deux enfants. Ces enfants sont scolarisés dans divers établissements spécialisés : le Centre de Rééducation de l'Ouïe et de la Parole (CROP) de Lyon, l'Institut Départemental de Jeunes Sourds (IDJS) de Clermont-Ferrand, le Service de Soutien à l'Education Familiale et à l'Intégration Scolaire (SSEFIS) de Grenoble, l'Institut National de Jeunes Sourds (INJS) de Chambéry, le Service d'Accompagnement Familial et d'Education Précoce (SAFEP) de Chambéry, le SAFEP/SSEFIS de Saint-Étienne. Sept enfants sont en Petite Section de Maternelle (PSM), onze sont en Moyenne Section de Maternelle (MSM) et six sont en Grande Section de Maternelle (GSM).

Les résultats de huit de ces trente-deux enfants n'ont pas pu être utilisés pour l'analyse. En effet, quatre d'entre eux ne répondent pas à tous les critères d'inclusion et d'exclusion retenus : l'un a une surdité moyenne, un autre a une surdité acquise à l'âge de 3 ans 6 mois, durant la période d'apprentissage du langage oral, un autre présente des troubles moteurs associés à la surdité, et le dernier présente un polyhandicap. Les résultats de quatre autres enfants testés n'ont pas pu être exploités, car la tâche présentée n'a pas pu être accomplie entièrement : un enfant n'a pu être attentif à la tâche que pour les exemples, deux enfants n'ont réalisé que six opérations sur les douze nécessaires à l'analyse, et enfin un enfant n'a pas pu passer le test BMP nous permettant d'obtenir l'AD et le QD, et de réaliser un appariement sur le niveau avec les enfants normo-entendants.

Seuls vingt-quatre enfants ont donc finalement été retenus et constituent notre population d'enfants sourds. L'âge moyen est de 4 ans 9 mois et le QD moyen est de 95. On compte

cinq filles (âge moyen de 5 ans 2 mois, QD moyen de 92) et dix-neuf garçons (âge moyen de 4 ans 7 mois, QD moyen de 96). (Cf. **Annexe IV – Tableau 3 : Population**)

Parmi ces vingt-quatre enfants, huit présentent une surdité sévère, quatre présentent une surdité sévère à profonde et douze présentent une surdité profonde.

Dix-neuf enfants portent un appareillage et cinq n'en portent aucun.

2.3.1. Enfants sourds oralistes

Les enfants sourds oralistes testés ont tous des parents normo-entendants et le mode de communication dominant au sein de la famille est le langage oral. Aucun de ces enfants n'a de parents sourds oralistes. Ce groupe est constitué de seize enfants. L'âge moyen est de 4 ans 7 mois et le QD moyen de 83.

Cinq enfants présentent une surdité sévère, quatre présentent une surdité sévère à profonde et sept présentent une surdité profonde. Quatorze enfants portent un appareillage, deux n'en portent pas.

On compte trois filles (âge moyen de 5 ans 6 mois, QD moyen de 90) et treize garçons (âge moyen de 4 ans 4 mois, QD moyen de 81).

On compte six enfants âgés de 3 à 4 ans (âge moyen de 3 ans 7 mois, QD moyen de 85), six enfants âgés de 4 à 5 ans (âge moyen de 4 ans 8 mois, QD moyen de 79) et quatre enfants âgés de 5 à 6 ans (âge moyen de 5 ans 10 mois, QD moyen de 86).

2.3.2. Enfants sourds signants

Les enfants sourds signants testés ont tous des parents sourds signants et la langue utilisée au sein de la famille est la LSF. Ce groupe est constitué de huit enfants. L'âge moyen est de 5 ans 1 mois et le QD moyen est de 96. Trois enfants présentent une surdité sévère et cinq présentent une surdité profonde. Cinq portent un appareillage, et trois n'en portent aucun.

On compte deux filles (âge moyen de 4 ans 8 mois, QD moyen de 94) et six garçons (âge moyen de 5 ans 3 mois, QD moyen de 97).

Aucun enfant sourd signant testé n'a entre 3 et 4 ans. On compte quatre enfants âgés de 4 à 5 ans (âge moyen de 4 ans 5 mois, QD moyen de 102) et quatre enfants âgés de 5 à 6 ans (âge moyen de 5 ans 10 mois, QD moyen de 90).

2.3.3. Tableau récapitulatif

| | NOMBRE | ÂGE MOYEN | QD MOYEN |
|-----------------------|--------|---------------|----------|
| Sourds oralistes (SO) | 16 | 4 ans 7 mois | 83 |
| SO 3 ans | 6 | 3 ans 7 mois | 85 |
| SO 4 ans | 6 | 4 ans 8 mois | 79 |
| SO 5 ans | 4 | 5 ans 10 mois | 86 |
| Sourds signants (SS) | 8 | 5 ans 1 mois | 96 |
| SS 3 ans | 0 | / | / |
| SS 4 ans | 4 | 4 ans 5 mois | 102 |
| SS 5 ans | 4 | 5 ans 10 mois | 90 |

Tableau2 : Nombre, âge et QD moyens des enfants sourds oralistes et des enfants sourds signants

II. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

1. Matériel

On utilise une boîte opaque de dimensions 34,2 x 12,2 x 20,2 cm. Le couvercle est séparé de la boîte. La face antérieure (12,2 x 34,2 cm) peut se rabattre, de façon à cacher ou laisser voir l'intérieur de la boîte. Les faces visibles par l'enfant (intérieur de la boîte, intérieur du couvercle, face de devant) sont peintes en bleu et blanc. Les figurines manipulées sont des petits pingouins noir et blanc en plastique de 4,3 cm de haut. L'enfant a également devant lui une boîte opaque de forme cylindrique où sont placées les figurines.

2. Situation

Nous rencontrons l'enfant individuellement dans son établissement scolaire, un lieu familial. Il est assis devant une table face aux deux expérimentateurs. L'un des expérimentateurs est bien en face de l'enfant. L'autre est légèrement décalé de façon à prendre des notes. Sur la table, la boîte est présentée en position ouverte devant l'enfant,

de sorte qu'il puisse voir l'intérieur de la boîte. Le couvercle est posé entre l'enfant et la boîte. Les pingouins sont placés sur le côté de la boîte de test, dans une boîte cylindrique.

L'un des expérimentateurs interagit avec l'enfant. Il montre les exemples et manipule les figurines pour les différentes opérations. L'autre a le rôle d'observateur. Il note les résultats obtenus sur la feuille de passation rédigée à cet effet. On note dans la case « réponse de l'enfant » la réponse de l'enfant en terme de nombre de pingouins posés dans le couvercle. Les erreurs, les stratégies de l'enfant telles que les réponses orales et gestuelles, le comptage..., les réactions comportementales face à l'exercice sont, elles, indiquées dans la case « observations – remarques ». (Cf. **Annexe VII – Figure 24 : Feuilles de passation du test**)

3. Variables expérimentales manipulées

Pour établir notre protocole, nous avons tout d'abord réalisé des pré-tests, ce qui nous a permis de tester notre matériel, d'évaluer la faisabilité de notre protocole et de le réajuster. (Cf. **Annexe V : Pré-tests et élaboration du protocole**)

Le protocole consiste à présenter de manière non verbale des opérations simples. Il comprend au total vingt-quatre opérations qui sont caractérisées par deux variables : la taille et le type d'opération. L'opération est soit une addition, soit une soustraction. Le protocole propose douze additions et douze soustractions. Pour chacune des opérations choisies, les opérandes, c'est-à-dire les deux termes de l'opération (ex : deux et trois dans $2+3$) n'excèdent pas sept, les résultats n'excèdent pas dix.

Quant à la taille de l'opération, elle est soit petite soit grande. Il y a douze petites opérations et douze grandes opérations. Les petites additions sont celles dont les deux opérandes sont inférieurs ou égaux à quatre et dont le résultat n'excède pas cinq. Les opérandes des petites soustractions sont inférieurs ou égaux à cinq, et leur résultat est inférieur à cinq. Les grandes additions sont celles dont un des deux opérandes ou le résultat est supérieur à cinq. Les grandes soustractions ont le premier opérande supérieur à cinq, à savoir six ou sept.

En croisant les deux variables, on propose dans le protocole six petites additions, six petites soustractions, six grandes additions et six grandes soustractions. Parmi toutes les opérations, nous en avons choisi vingt-quatre arbitrairement tout en respectant quelques critères. Il existe trente-neuf additions et vingt-et-une soustractions prenant en compte les

opérandes de un à sept. Evaluer l'intégralité des opérations serait idéal mais trop long pour des enfants de moins de 6 ans. Nous avons d'emblée éliminé les additions faisant intervenir zéro ($1+0$; $2+0\dots$). Nous avons supprimé les soustractions donnant un résultat nul ($1-1$; $2-2\dots$) et celles faisant intervenir zéro ($1-0$; $2-0\dots$). Nous ne souhaitons pas évaluer la connaissance et la représentation du zéro dans cette expérience. Chaque quantité de un à sept est présente dans les opérations. En particulier, pour les petites additions, les chiffres un, deux, trois et quatre se retrouvent au moins une fois en place de premier opérande et une fois en place de second. De même, pour les grandes additions, les chiffres de deux à six sont une fois à la place du premier opérande et une fois à la place du second ; seuls un et sept ne sont respectivement que premier et second opérandes. On propose des petites soustractions avec trois, quatre ou cinq en tant que premier opérande et un, deux ou trois comme second opérande. Enfin, pour les grandes soustractions, le premier opérande est soit six soit sept, et le second est deux, trois, quatre, cinq ou six. (Cf. **Annexe VII – Figure 24 : Feuilles de passation du test**)

Les six petites additions sont : $1+3$; $2+2$; $1+4$; $4+1$; $3+2$; $3+1$.

Les six petites soustractions sont : $3-2$; $4-1$; $5-1$; $5-3$; $4-3$; $4-2$.

Les six grandes additions sont : $4+3$; $2+6$; $5+5$; $6+1$; $7+2$; $3+4$.

Les six grandes soustractions sont : $6-3$; $7-2$; $7-4$; $7-3$; $6-5$; $7-6$.

Le protocole comprend aussi quatre exemples dont deux additions et deux soustractions : $1+1$; $1+2$ et $2-1$; $3-1$. Il s'agit des quatre plus petites opérations puisque les opérandes (un, deux ou trois) sont les plus petits possibles, et le résultat ne dépasse pas trois.

4. Procédure

4.1. Passation du protocole

Pour présenter les opérations, nous manipulons des figurines.

On commence le test par les quatre exemples pour faire comprendre l'exercice à l'enfant. On présente deux additions ($1+1$; $1+2$) et deux soustractions ($2-1$; $3-1$). Il s'agit des quatre plus petites opérations. On suppose qu'elles sont facilement réalisées et que l'enfant peut se concentrer sur le principe de l'exercice.

La présentation se fait en deux parties de douze opérations chacune séparées par une épreuve de niveau de développement (BMP, Borel-Maissonny, 1946 ; réétalonnage par Forgue, 1973). Les douze premières opérations sont constituées de six petites opérations en premier dont trois additions et trois soustractions dont l'ordre est tiré au sort, puis six grandes opérations dont trois additions et trois soustractions alternées aléatoirement. On propose de la même façon les douze autres opérations après l'épreuve du BMP. (Cf. **Annexe VII – Figure 24 : Feuilles de passation du test**)

Pour les enfants de 3 ans, on s'arrête à la fin des douze premières opérations. On fait passer les vingt-quatre opérations aux enfants de 5 ans. Quant aux enfants de 4 ans, la passation est de douze ou vingt-quatre opérations selon notre appréciation de leur attention et de leur fatigabilité.

Les consignes sont : « *On va faire un jeu avec des petits pingouins. Regarde, ça c'est ta boîte (on montre le couvercle) et ça c'est la mienne (on montre la grande boîte, avec le rabat). Tu vas bien regarder ce que je fais avec les pingouins dans ma boîte (on insiste pour que l'enfant regarde attentivement chaque étape). Et maintenant, tu mets dans ta boîte pareil que dans la mienne.* »

Pour expliquer les consignes aux enfants sourds, on utilise tous les canaux de communication possibles : à la fois la langue orale, les signes de la Langue des Signes Française, les mimiques, les gestes. Si l'enfant ne comprend pas les consignes, on peut aussi montrer nous-mêmes : le deuxième expérimentateur prend la place de l'enfant et résout les opérations à sa place.

4.2. Déroulement des exemples

4.2.1. Opération 1+1

On place un pingouin dans la grande boîte, debout, au milieu de la longueur, sur le devant de la boîte. On laisse regarder l'enfant quelques secondes. On relève le rabat : l'enfant ne voit plus l'intérieur de la grande boîte, c'est-à-dire le pingouin. On prend un pingouin que l'on place sur le côté de la grande boîte. On laisse observer l'enfant. On déplace alors le pingouin situé sur le côté dans la grande boîte, par le dessus (la face supérieure est ouverte), de façon que l'enfant puisse voir que l'on ajoute un second pingouin. On prend un pingouin puis un second qu'on place debout au centre du couvercle situé devant l'enfant. On abaisse le rabat de la grande boîte, et on fait observer à l'enfant qu'il y a la

même chose dans la grande boîte et dans le couvercle. (Cf. **Annexe VI – Figure 20 : Illustrations de l'exemple 1+1**)

4.2.2. Opération 2-1

On place deux pingouins dans la grande boîte, debout, au milieu de la longueur, sur le devant de la boîte. On laisse regarder l'enfant quelques secondes. On relève ensuite le rabat : l'enfant ne voit plus l'intérieur de la grande boîte, c'est-à-dire les deux pingouins. On sort un pingouin de la grande boîte et on le place à côté de celle-ci. On laisse observer l'enfant. Puis on remet le pingouin dans la boîte cylindrique. On prend un pingouin dans la boîte cylindrique qu'on place debout au centre du couvercle situé devant l'enfant. On abaisse le rabat pour montrer à l'enfant qu'il y a la même chose dans la grande boîte et dans le couvercle. (Cf. **Annexe VI – Figure 21 : Illustrations de l'exemple 2-1**)

4.3. Déroulement de l'épreuve

4.3.1. Opération 1+3

On place un pingouin dans la grande boîte, debout, au milieu de la longueur, sur le devant de la boîte. On laisse regarder l'enfant quelques secondes. On relève le rabat : l'enfant ne voit plus l'intérieur de la grande boîte, c'est-à-dire le pingouin. On prend trois pingouins dans la boîte cylindrique et on les place à côté de la grande boîte. On laisse regarder l'enfant quelques secondes. On place ensuite ces trois pingouins dans la grande boîte par le dessus (la face supérieure est ouverte), de façon que l'enfant puisse vraiment voir que l'on ajoute trois pingouins. Ensuite, c'est à l'enfant seul de reproduire le résultat : il place dans le couvercle situé devant lui le même nombre de pingouins que celui contenu dans la grande boîte après la transformation. Il a à sa disposition tous les pingouins dans la boîte cylindrique posée devant lui, dans laquelle il pioche le nombre de pingouins souhaité. Notons que nous ne demandons pas à l'enfant combien il y a de pingouins mais de « mettre dans sa boîte la même chose, pareil de pingouins que dans la grande boîte ». (Cf. **Annexe VI – Figure 22 : Illustrations de l'opération 1+3**)

4.3.2. Opération 3-2

On place trois pingouins dans la grande boîte, en position debout, au milieu de la longueur, sur le devant de la boîte. On laisse regarder l'enfant quelques secondes. On

relève le rabat : l'enfant ne voit plus l'intérieur de la grande boîte, c'est-à-dire les trois pingouins. On retire deux pingouins de la boîte et on les place à côté de celle-ci. On laisse regarder l'enfant quelques secondes. Ensuite, on remet les deux pingouins dans la boîte cylindrique. C'est à l'enfant seul de reproduire le résultat en plaçant dans le couvercle situé devant lui le même nombre de pingouins que celui contenu dans la grande boîte après la transformation. Il a à sa disposition tous les pingouins dans la boîte cylindrique posée devant lui, dans laquelle il pioche le nombre de pingouins souhaité. Nous ne demandons pas à l'enfant combien il y a de pingouins mais de « mettre dans sa boîte la même chose, pareil de pingouins que dans la grande boîte ». (Cf. **Annexe VI – Figure 23 : Illustrations de l'opération 3-2**)

4.4. BMP (Borel-Maisonny Petit) : test de niveau mental non verbal

Entre les deux séries d'opérations, on propose les épreuves de la batterie BMP (Borel-Maisonny Petit) (Borel-Maisonny, 1946 ; réétalonnage par Forgue, 1973) pour appairer les groupes sur le niveau mental non langagier. La batterie BMP peut être utilisée avec des enfants de 2 à 6 ans. L'épreuve de Forgue permet d'obtenir un âge et un quotient de développement (QD) chez les jeunes enfants de 2 ans à 5 ans et demi.

Il s'agit d'un test non verbal : il est donc approprié avec les enfants ayant un très faible niveau de langage. Le test BMP propose plusieurs épreuves : des épreuves graphiques où l'enfant doit dessiner une figure à partir d'un modèle que l'on réalise devant lui ; des encastresments où l'enfant doit reproduire un puzzle simple en observant l'expérimentateur qui le fait devant lui ; des compléments d'images, des épreuves motrices où l'enfant doit déboucher et boucher une bouteille, enfiler des perles dans un tube ; l'épreuve des jetons où l'enfant doit reproduire un modèle, à savoir une séquence de jetons.

Après les douze premières opérations, on fait passer les deux premières parties du BMP, c'est-à-dire les épreuves graphiques et les encastresments. A la fin des vingt-quatre opérations, on fait passer les autres épreuves, à savoir les épreuves des jetons, des images, des bouteilles, du tube et des perles. En cas d'arrêt au bout de douze opérations, on fait passer toutes les épreuves du BMP en une seule passation, à la suite des douze opérations.

Chapitre IV
PRESENTATION DES RESULTATS

I. CONSTITUTION DES GROUPES : APPARIEMENT DES ENFANTS EN AGE ET EN NIVEAU DE DEVELOPPEMENT

Pour comparer les enfants sourds oralistes d'une part et les enfants sourds signants d'autre part aux enfants normo-entendants, nous avons constitué des groupes homogènes. Nous avons apparié chaque enfant sourd à un enfant normo-entendant lui correspondant le mieux possible en âge et en quotient de développement (QD) (évalué avec le test BMP). Le groupe d'enfants sourds oralistes et son groupe d'enfants normo-entendants appariés ont respectivement en moyenne 57,1 mois et un QD moyen de 85,6 pour les premiers, et en moyenne 57,4 mois et un QD moyen de 87 pour les seconds. Aucune des différences n'est significative, respectivement $F(1,18) < 1$. (Cf. **Annexe VIII.1 – Tableau 4**)

Quant aux enfants sourds signants et aux normo-entendants correspondants, ils sont légèrement plus âgés, avec respectivement en moyenne un âge de 61,1 mois et 60,7 mois dont $F(1,14) < 1$: cela s'explique par le fait que nous n'avons pas pu tester d'enfants sourds signants de 3 ans. Leur QD moyen est 96 pour les premiers et 102,4 pour les seconds ($F(1,14) = 1.38$, ns). (Cf. **Annexe VIII.1 – Tableau 5**)

Cet appariement permet de comparer les groupes entre eux, en limitant autant que possible l'impact de variables confondues. Nous effectuerons des comparaisons directes des performances en résolution des situations problèmes qui leur ont été proposées. Nous analyserons dans un premier temps les performances au test, cela en terme d'échecs ou de réussites. Ensuite, nous étudierons le type d'erreurs commises et les stratégies utilisées par les groupes d'enfants sourds oralistes, sourds signants et normo-entendants. Certains enfants ont effectué vingt-quatre opérations alors que d'autres n'en ont réalisé que douze. Nous n'étudierons alors que les douze premières opérations de manière à disposer d'une population suffisamment nombreuse pour effectuer les traitements statistiques.

Il n'a malheureusement pas été possible de faire correspondre les deux groupes d'enfants sourds au même groupe d'enfants normo-entendants. Nous serons donc amenées à conduire des analyses séparées. Chaque groupe d'enfants sourds est comparé à un groupe d'enfants normo-entendants appariés.

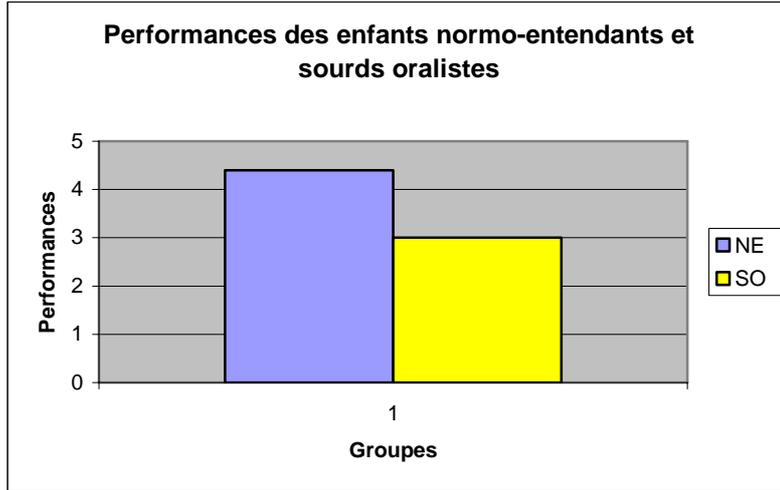


Figure1 : Performances des enfants normo-entendants et sourds oralistes

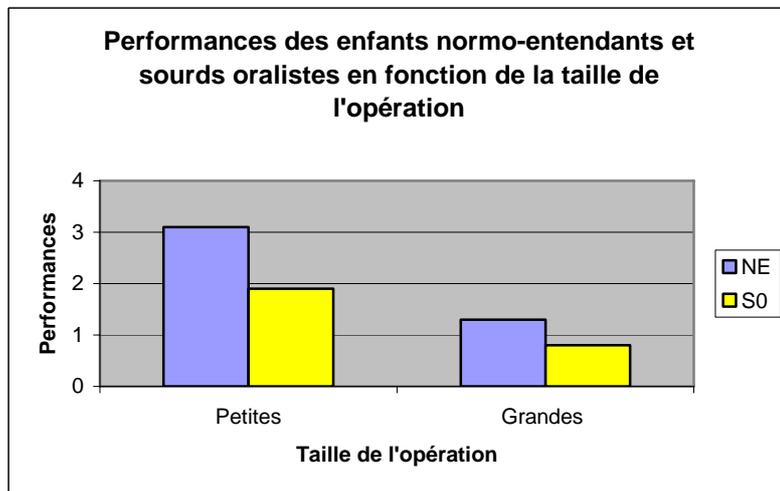


Figure2 : Performances des enfants normo-entendants et sourds oralistes en fonction de la taille de l'opération

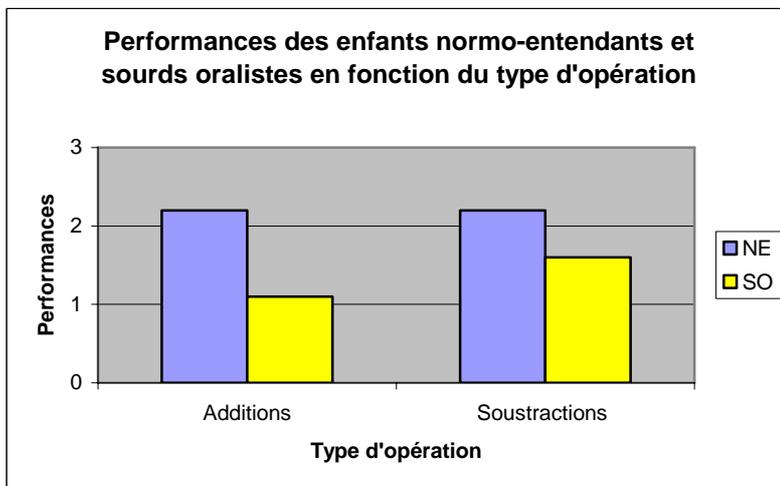


Figure3 : Performances des enfants normo-entendants et sourds oralistes en fonction du type d'opération

II. ANALYSE DES PERFORMANCES

1. Comparaison des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants

Bien qu'appariés sur l'âge et le niveau, les sourds oralistes ont un niveau de performance aux résolutions (.75) marginalement inférieur à celui des normo-entendants qui leur sont appariés (1.10), $F(1, 18) = 3.02$, $CMe = .81$, $p = .1$. L'effet de taille est significatif : les petites opérations sont mieux résolues (1,33) que les grandes (.53), $F(1, 18) = 13,17$, $CMe = .97$, $p < .002$. Cet effet n'interagit pas avec le groupe ($F < 1$), ce qui suggère que l'effet de taille intervient avec la même intensité chez les normo-entendants et les sourds oralistes. L'effet des opérations n'est pas significatif, pas plus que les interactions dans lesquelles il se trouve impliqué ($F < 1$). Dans l'ensemble, les additions sont aussi bien réussies (.90) que les soustractions (.95). (Cf. **Figures 1, 2 et 3 ; Annexe VIII.2 – Tableau 6**)

En résumé, les sourds oralistes réussissent moins bien que les normo-entendants mais leur patron de réussite est le même que celui des normo-entendants : les petites opérations sont mieux réussies que les grandes ; aucune différence n'apparaît entre additions et soustractions.

2. Comparaison des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants

L'effet du groupe n'est pas significatif ($F < 1$) : les sourds signants ont des performances globales (1.47) ne différant pas de celles des normo-entendants qui leur sont appariés (1.44). L'effet de taille est significatif : les petites opérations (2,09) sont mieux réussies que les grandes (.81), $F(1, 14) = 20,46$, $CMe = 1.28$, $p < .0001$. Cet effet n'interagit pas avec le Groupe, ce qui suggère qu'il est présent chez les normo-entendants comme chez les sourds signants, ce qui est confirmé par des ANOVAS conduites sur les performances de chaque groupe. L'effet du Groupe interagit marginalement avec l'effet des Opérations, $F(1, 14) = 3,15$, $CMe = .84$, $p = .097$. La figure n°2 illustre cette interaction :

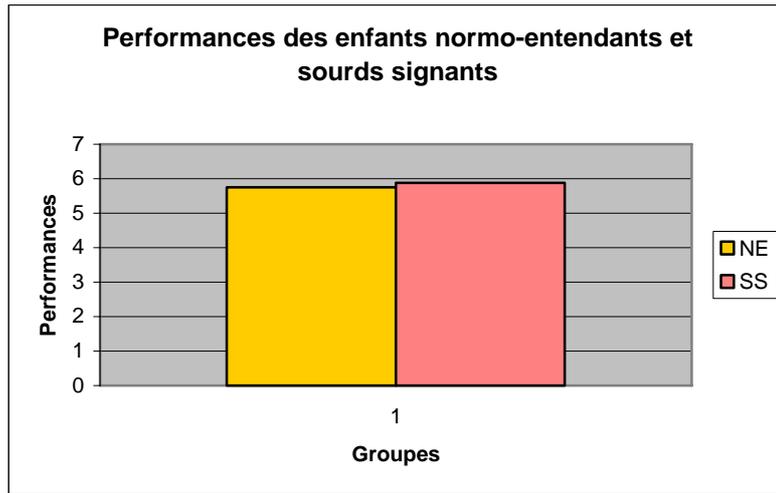


Figure4 : Performances des enfants normo-entendants et sourds signants

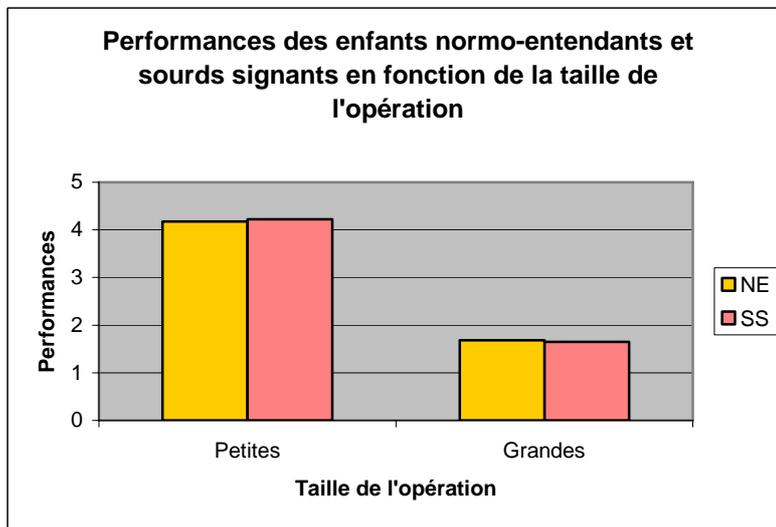


Figure5 : Performances des enfants normo-entendants et sourds signants en fonction de la taille de l'opération

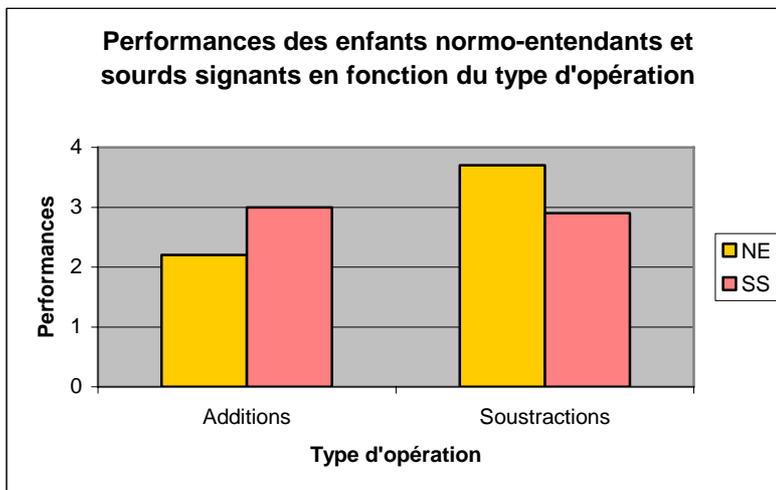


Figure6 : Performances des enfants normo-entendants et sourds signants en fonction du type d'opération

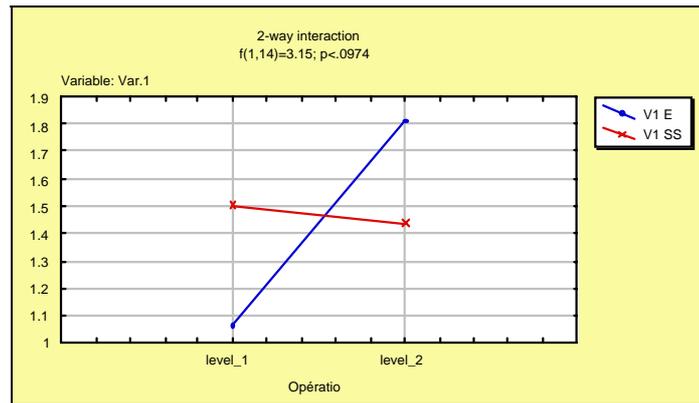


Figure7 : Interaction entre le type d'opération (Addition (level 1) vs Soustraction (level 2)) et le groupe (Normo-entendants (E) vs Sourds signants (SS))

Les performances aux additions (1,5) et soustractions (1,44) ne diffèrent pas significativement chez les sourds signants, comme en atteste une ANOVA restreinte à ce groupe ($F < 1$). En revanche, elles diffèrent significativement chez les normo-entendants : 1.06 pour les additions contre 1.81 pour les soustractions, $F(1, 7) = 5.72$, $CMe = .79$, $p < .05$. De manière intéressante, les patrons de réussite diffèrent chez les normo-entendants et chez les sourds signants : les premiers réussissent moins bien les additions que les soustractions alors que les seconds ne manifestent pas de différence de performance selon l'opération. Cette divergence de patrons suggère que les normo-entendants et les sourds signants n'utilisent pas les mêmes stratégies de résolution. (Cf. Figures 4, 5 et 6 ; Annexe VIII.2 – Tableau 7)

L'étude des erreurs puis celle des stratégies que nous avons pu inventorier devrait nous permettre de préciser comment les différents groupes traitent les situations que nous leur avons présentées.

III. ANALYSE DES ERREURS

Les erreurs commises par les enfants aux additions et soustractions présentées sont très différentes. L'analyse des réponses des enfants a permis de dégager trois types d'erreurs.

Le premier groupe comprend les erreurs respectant la direction de la transformation de l'opération. On les appelle les « erreurs dans la bonne direction », et les notons « 0+ ». Par exemple, un enfant répondant quatre à l'addition $1+2$ commet ce type d'erreur car, même si le résultat n'est pas celui attendu, une addition a bien été réalisée. De même, s'il répond un à la soustraction $4-2$, l'erreur est là encore dans la bonne direction puisque le retrait d'une quantité a été effectué.

Le second groupe est celui des erreurs ne respectant pas la direction de la transformation de l'opération. Celles-ci sont appelées « erreurs dans la mauvaise direction » et notées « 0- ». Par exemple, un enfant répondant deux à l'addition $4+3$ commet ce type d'erreur puisqu'il effectue l'opération inverse à celle attendue, à savoir enlever une quantité au lieu d'ajouter. Pour les soustractions, ce type d'erreur correspond par exemple à une réponse telle que six à l'opération $5-3$.

Le troisième groupe est celui des erreurs de « maintien du premier opérande », qui sont notées « 0m ». Dans le protocole de l'expérimentation, on montre à l'enfant le premier opérande dans la grande boîte, puis celui-ci est caché. On ajoute ou retire alors le second opérande, sans que l'enfant ne voie le résultat final. Il doit se représenter mentalement l'opération qui a été effectuée pour trouver le résultat final. Or, dans certains cas, l'enfant n'intègre pas le changement opéré entre le premier opérande présenté et le résultat attendu, et répond en répétant le premier opérande.

Pour analyser les erreurs des enfants, nous avons ensuite noté l'écart entre la réponse de l'enfant et la réponse exacte, pour les erreurs dans la bonne ou la mauvaise direction. En effet, les erreurs des enfants sont très différentes à ce niveau, celles-ci pouvant être éloignées de seulement un par rapport à la réponse cible, comme de beaucoup plus. Certains enfants répondent même en posant toutes les figurines de la boîte, et leurs réponses sont alors très éloignées de celles attendues.

1. Comparaison des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants

De manière générale, les enfants sourds oralistes ont un pourcentage d'erreurs plus important que les normo-entendants. Sur les cent vingt opérations présentées, les sourds oralistes produisent quatre-vingt-douze erreurs, soit 76,67 %, contre soixante-seize pour les enfants normo-entendants, soit 63,33 %. (Cf. **Annexe VIII.3.1 – Tableau 8**)

Les enfants sourds oralistes commettent plus d'erreurs que les normo-entendants pour les petites additions (60 % contre 50 % pour les normo-entendants), les petites soustractions (80 % contre 46,67 % pour les normo-entendants) et les grandes additions (93,33 % contre 76,67 % pour les normo-entendants). En revanche, ils commettent un peu moins d'erreurs pour les grandes soustractions (73,33 %) que les normo-entendants (80 %). Cependant, comme cela a été montré par l'analyse des performances, au niveau statistique le patron de réussite des deux groupes est le même : les petites opérations sont mieux

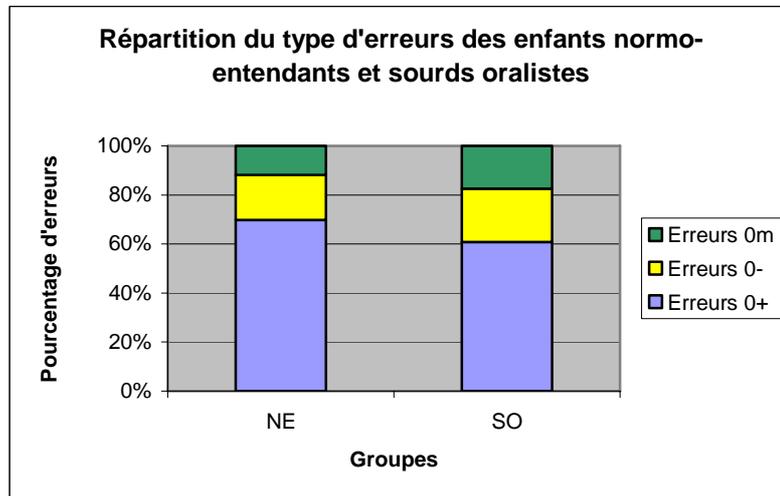


Figure8 : Répartition du type d'erreurs des enfants normo-entendants et sourds oralistes

réussies que les grandes, et aucune différence significative n'est mise en évidence entre additions et soustractions. (Cf. **Annexe VIII.3.1 – Tableau 9**)

1.1. Comparaison du type d'erreurs commises sur l'ensemble des opérations

La répartition des erreurs est très similaire pour les deux groupes. La hiérarchie des erreurs est la même : une majorité d'erreurs dans la bonne direction, un faible pourcentage d'erreurs dans la mauvaise direction, et un encore plus faible pourcentage d'erreurs de maintien du premier opérande. Les pourcentages sont proches : 69,74 % d'erreurs 0+ pour les normo-entendants et 60,87 % pour les sourds oralistes, 18,42 % d'erreurs 0- pour les normo-entendants et 21,74 % pour les sourds oralistes, et 11,84 % d'erreurs 0m pour les normo-entendants et 17,39 % pour les sourds oralistes. (Cf. **Figure 8**)

Seules les erreurs que nous avons regroupées sous la catégorie « allant dans le bon sens » sont suffisamment nombreuses pour donner lieu à une analyse statistique. Ces erreurs sont approximativement aussi fréquentes dans les deux groupes d'enfants normo-entendants (de 1.30 à 1.4 en moyenne). Leur fréquence est du même ordre chez les sourds oralistes (1.38) mais elle est plus faible chez les sourds signants (1).

1.2. Comparaison du type d'erreurs commises selon le type et la taille des opérations

De manière générale, les deux groupes commettent une majorité d'erreurs dans la bonne direction pour les additions, avec des pourcentages plus élevés pour les normo-entendants. Pour les soustractions, ce type d'erreurs varie selon les groupes et la taille des opérations : faible pourcentage d'erreurs dans la bonne direction pour les petites soustractions chez les normo-entendants (21,43 %), alors que ces erreurs sont majoritaires pour les grandes soustractions (66,67 %). Chez les sourds oralistes, les erreurs dans la bonne direction sont majoritaires pour les soustractions mais ne représentent que 50 % des erreurs, pour les petites comme pour les grandes soustractions. (Cf. **Annexe VIII.3.1 – Tableau 9**)

La comparaison des erreurs allant dans le bon sens chez les normo-entendants et les sourds oralistes appariés montre que ces erreurs sont dans les deux groupes plus

nombreuses avec les grandes (1,7) qu'avec les petites (1,1) opérations, $F(1,18) = 6,4$, $CMe = 1,31$, $p < .05$, et avec les additions (1,7) qu'avec les soustractions (1,1), $F(1, 18) = 9,3$, $CMe = .9$, $p < .01$. Toutefois, pour des raisons difficiles à déterminer, le nombre de ces erreurs chute plus fortement pour les petites soustractions chez les normo-entendants (.4), ce qui induit un effet d'interaction Groupe x Taille x Opération marginalement significatif, $F(1, 18) = 4,19$, $CMe = .76$, $p = .055$. Pourtant, l'analyse des stratégies, détaillée plus loin, révèle que les normo-entendants utilisent moins de stratégies que les sourds oralistes pour les petites soustractions. Cependant, les enfants normo-entendants emploient plus de stratégies pour les petites soustractions que pour les autres types d'opérations.

Les erreurs dans la mauvaise direction sont absentes pour les petites additions, et plus rares pour les additions que pour les soustractions. Pour les soustractions, ce type d'erreurs est plus fréquent pour les petites soustractions (35,71%) que pour les grandes (29,17 %) chez les normo-entendants, alors que le constat inverse est observé chez les sourds oralistes : 40,91 % pour les grandes soustractions et 25 % pour les petites.

Enfin, une grande hétérogénéité selon les groupes est relevée pour les erreurs de maintien du premier opérande, notamment pour les petites opérations. Chez les enfants normo-entendants, aucune erreur de ce type n'est relevée pour les petites additions, alors que 33,33 % d'erreurs sont observées chez les sourds oralistes. A l'inverse, ces erreurs sont majoritaires pour les petites soustractions chez les normo-entendants (42,86 %) alors qu'elles ne représentent qu'un quart des erreurs relevées (25 %) chez les sourds oralistes. Pour les grandes opérations, les erreurs de maintien du premier opérande correspondent à un faible pourcentage pour les deux types d'opérations et pour les deux groupes d'enfants, ceci pouvant être expliqué par le fait que les opérandes étant plus grands que dans les petites opérations, la différence entre le premier opérande et le résultat de l'opération est plus repérable.

En résumé, les erreurs dans la bonne direction sont majoritaires pour les deux groupes, et d'autant plus pour les additions. Inversement, pour les deux groupes, les erreurs dans la mauvaise direction sont moins représentées pour les additions que pour les soustractions. Les erreurs de maintien du premier opérande sont globalement les erreurs les moins représentées. Les deux groupes ont sensiblement le même profil d'erreurs.

1.3. Comparaison de la distance moyenne à la réponse exacte

On compare la distance moyenne entre le résultat erroné et la réponse attendue. De manière générale, la distance moyenne à la réponse exacte est plus élevée pour les erreurs dans la mauvaise direction (0-) (7,57 pour les normo-entendants et 7,85 pour les sourds oralistes) que pour les erreurs dans la bonne direction (0+) (1,64 pour les normo-entendants et 2,23 pour les sourds oralistes), pour les deux groupes d'enfants.

Cette distance à la bonne réponse diffère selon le type d'opération. On remarque notamment que, pour les erreurs dans la bonne direction, l'écart à la réponse exacte est faible (compris entre 1 et 2) pour les petites additions, les petites soustractions et les grandes soustractions, et ce pour les deux groupes. En revanche, pour ce même type d'erreurs, l'écart à la réponse exacte est plus élevé pour les grandes additions (2,36 pour les normo-entendants, 3,54 pour les sourds oralistes). (Cf. **Annexe VIII.3.1 – Tableau 10**)

Pour les erreurs dans la mauvaise direction, la distance moyenne à la réponse exacte est plus importante que pour les erreurs dans la bonne direction, notamment pour les grandes soustractions où l'écart à la réponse attendue est très important (12,56 pour les normo-entendants, 11 pour les sourds oralistes). (Cf. **Annexe VIII.3.1 – Tableau 10**)

1.4. Comparaison des réussites associées aux erreurs allant dans le bon sens

Globalement, lorsqu'on compare statistiquement les performances des normo-entendants et des sourds oralistes qui leur sont appariés, la performance prenant en compte à la fois les réussites franches et les erreurs de calcul respectant l'orientation des résultats (0+) montre que la différence n'est pas significative : $F(1, 18) = 1.50$, $MSe = 4.02$, $p = .23$. Les sourds oralistes ont des moyennes (8,6) ne différant pas significativement de celles des normo-entendants (9,7), bien que les scores des derniers soient descriptivement supérieurs à ceux des premiers. Ces résultats suggèrent que la plupart des enfants, soit qu'ils réussissent la résolution exacte soit qu'ils commettent des erreurs allant dans le sens de la transformation effectuée, ont compris comment ils devaient procéder pour résoudre les problèmes posés. Leurs erreurs sont pour l'essentiel des erreurs de comptage, de mise en œuvre de la procédure, mais non des erreurs de compréhension de la situation. Les enfants sourds oralistes auraient donc une compréhension du problème aussi bonne que

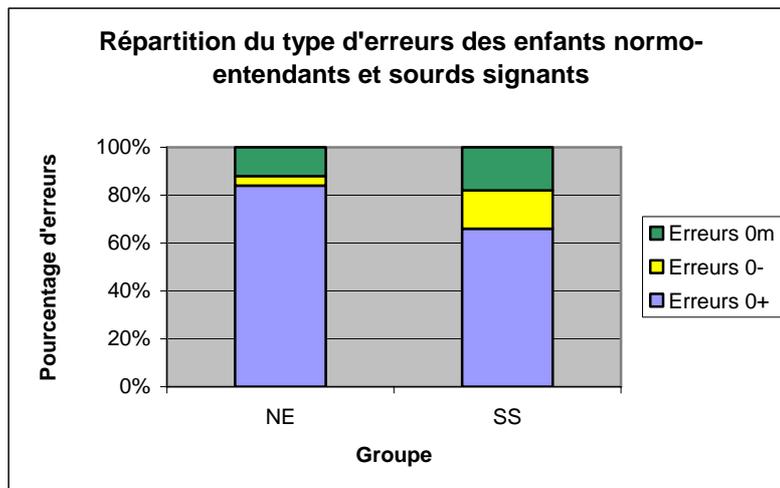


Figure9 : Répartition du type d'erreurs des enfants normo-entendants et sourds signants

celle des normo-entendants, mais auraient plus de difficultés pour élaborer des calculs précis.

2. Comparaison des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants

Comme cela a déjà été mis en évidence dans l'analyse des résultats, le pourcentage d'erreurs est identique pour les deux groupes. Sur les quatre-vingt-seize opérations, on relève cinquante erreurs pour les deux groupes, soit 52,08 %. En effet, au niveau statistique, nous avons vu qu'il n'apparaît pas de différence significative entre les deux groupes concernant leurs performances globales. (Cf. **Annexe VIII.3.2 – Tableau 11**)

Pour les deux groupes, les petites opérations sont mieux réussies que les grandes. Les normo-entendants commettent moins d'erreurs (25 %) pour les petites soustractions que pour les petites additions (37,50 %). A l'inverse, les enfants sourds signants commettent moins d'erreurs pour les petites additions (25 %) que pour les petites soustractions (37,50 %). Pour les grandes opérations, on note la même répartition pour les deux groupes : les grandes soustractions sont mieux réussies (54,17 % d'erreurs pour les normo-entendants, 66,67 % d'erreurs pour les sourds signants) que les grandes additions (91,67 % pour les normo-entendants, 79,17 % pour les sourds signants). (Cf. **Annexe VIII.3.2 – Tableau 12**). Au niveau statistique, nous avons montré que les patrons de réussite sont différents pour les deux groupes : les normo-entendants réussissent moins bien les additions que les soustractions tandis que les seconds réussissent aussi bien les deux types d'opération.

2.1. Comparaison du type d'erreurs commises sur l'ensemble des opérations

L'analyse des types d'erreurs révèle des différences entre les groupes (Cf. **Figure 9**). Dans les deux groupes, la majorité des erreurs va dans la bonne direction. Les erreurs allant dans la mauvaise direction sont les moins nombreuses. Les enfants normo-entendants font 84 % d'erreurs dans la bonne direction contre 66 % pour les enfants sourds signants. Le pourcentage d'erreurs dans la mauvaise direction est moins élevé chez les enfants normo-entendants (4 %) que chez les sourds signants (16 %). Le pourcentage d'erreurs de maintien du premier opérande est moins élevé chez les normo-entendants (12 %) que chez les sourds signants (18 %), mais l'écart entre les deux groupes est peu

important. Globalement, les enfants normo-entendants respectent davantage la direction de la transformation de l'opération que les enfants sourds signants.

La comparaison statistique des erreurs allant dans le bon sens chez les sourds signants et les normo-entendants appariés montre que les patrons de performances sont les mêmes dans les deux groupes, bien que ces erreurs soient marginalement plus fréquentes chez les normo-entendants (1,31) que chez les sourds signants (1), $F(1, 14) = 4,48$, $CMe = .35$, $p = .052$. Pourtant, l'analyse des stratégies montre que les enfants sourds signants utilisent deux fois plus de stratégies que les enfants normo-entendants. Cela n'implique pas une meilleure réussite puisque les patrons de performance sont les mêmes pour les deux groupes.

2.2. Comparaison du type d'erreurs commises selon le type et la taille des opérations

Pour chaque type d'opération et pour chaque groupe, les erreurs dans la bonne direction sont majoritaires. Ce type d'erreurs est plus présent pour les additions. Pour les petites additions, ces erreurs sont même les seules observées pour les deux groupes. Nous notons aussi que les erreurs dans la bonne direction sont plus fréquentes pour les grandes soustractions que pour les petites soustractions, et ce dans les deux groupes. Au niveau statistique, nous notons que les petites opérations donnent lieu à moins d'erreurs dans la bonne direction (.72) que les grandes (1.59) et les soustractions (.84) moins souvent que les additions (1.47), $F(1, 14) = 25$, $CMe = .25$, $p < .0002$. (Cf. **Annexe VIII.3.2 – Tableau 12**)

Aucune erreur dans la mauvaise direction n'est commise par les enfants normo-entendants pour les grandes soustractions, alors que nous en observons 31,25 % chez les enfants sourds signants. Nous notons aussi que pour les soustractions et les grandes additions, les enfants sourds signants font un peu plus d'erreurs du type maintien du premier opérande que les enfants normo-entendants, mais la différence est faible.

2.3. Comparaison de la distance moyenne à la réponse exacte

Enfin, on peut comparer selon les groupes la distance moyenne entre le résultat erroné et la réponse attendue. De manière générale, dans les deux groupes, la distance à la réponse exacte est plus importante pour les erreurs dans la mauvaise direction. La distance est la même et faible pour les deux groupes en ce qui concerne les erreurs dans la bonne

direction (1,45 pour les sourds signants et 1,52 pour les normo-entendants). En revanche, la distance à la réponse exacte pour les erreurs dans la mauvaise direction est plus grande chez les sourds signants (4,13) que chez les normo-entendants (2,50).

Nous notons cependant que cette distance à la bonne réponse diffère selon le type d'opération. Néanmoins, pour les erreurs dans la mauvaise direction, les distances moyennes à la réponse exacte ne sauraient être le reflet des réponses des enfants, puisque ces erreurs ne sont commises pour chaque type d'opération que par un ou deux enfants. Hormis pour les grandes soustractions chez les enfants sourds signants pour lesquelles cinq enfants commettent une erreur dans la mauvaise direction, les autres données ne permettent pas d'établir une moyenne pertinente. (Cf. **Annexe VIII.3.2 – Tableau 13**)

2.4. Comparaison des réussites associées aux erreurs allant dans le bon sens

De manière similaire au constat établi pour les sourds oralistes et les normo-entendants qui leur sont appariés, lorsqu'on compare les normo-entendants et les sourds signants qui leur sont appariés, la performance prenant en compte à la fois les réussites franches et les erreurs de calcul respectant l'orientation des résultats (0+) montre que la différence n'est pas significative : $F(1, 14) = 1.65$, $MSe = 2,43$, $p = .22$. Les sourds signants (10) ont des moyennes ne différant pas significativement de celles des normo-entendants (11), bien que les scores des derniers soient descriptivement supérieurs à ceux des premiers.

En résumé, l'analyse des erreurs révèle que les sourds oralistes, qui commettent globalement plus d'erreurs que les normo-entendants, sont davantage en difficulté pour les petites additions, petites soustractions et grandes additions que les normo-entendants, mais commettent moins d'erreurs que les normo-entendants pour les grandes soustractions. Pour les deux groupes, nous retenons une même répartition du type d'erreur avec une majorité d'erreurs 0+, respectant la transformation de l'opération. Nous relevons également des scores proches entre les deux groupes lorsque l'on considère les réussites associées aux erreurs 0+.

Les sourds signants, quant à eux, commettent globalement autant d'erreurs que leurs pairs normo-entendants appariés, les petites opérations étant mieux réussies que les grandes pour les deux groupes. Concernant le type d'erreur, nous notons là encore une majorité d'erreurs 0+ pour les deux groupes. Aucune différence significative n'est relevée entre les

sourds signants et les normo-entendants lorsque l'on considère les réussites associées aux erreurs 0+.

Pour comprendre les patrons de réussite des groupes, il est intéressant d'observer les stratégies de résolution.

IV. ANALYSE DES STRATEGIES

Lors de la passation du test, nous avons relevé les stratégies apparentes utilisées par les enfants. Pour les analyser, nous avons ainsi noté le nombre moyen des stratégies utilisées par chaque groupe, le pourcentage de stratégies aboutissant à une réponse correcte et le type de stratégies le plus souvent utilisées. Nous avons ainsi repéré quinze stratégies.

Six stratégies sont basées sur le langage oral. La chaîne numérique verbale complète est énoncée à partir de un jusqu'au résultat (stratégie n°9), à partir de la valeur du premier opérande jusqu'au résultat (stratégie n°14), à rebours à partir du premier opérande de la soustraction jusqu'au résultat (stratégie n°11). Certains enfants donnent le chiffre correspondant à chacun des deux opérandes de l'opération (stratégie n°4), ou directement la réponse orale (stratégie n°12). Enfin, quelques enfants interprètent les données du problème en racontant une histoire (stratégie n°3).

Cinq stratégies sont à dominante gestuelle. Les enfants donnent le nombre correspondant aux deux opérandes (stratégie n°7) ou à la réponse (stratégie n°13) en montrant leurs doigts. Certains résolvent l'opération avec les doigts (stratégie n°6) (par exemple, pour résoudre l'opération « $4 - 2$ », l'enfant lève quatre doigts puis en baisse deux : il n'en reste plus que deux). Nous avons repéré aussi le pointage des items des deux collections de pingouins correspondant aux deux opérandes de l'opération (stratégie n°8). Une dernière stratégie, (stratégie n°10), consiste à pointer chaque item de la collection et à compter simultanément avec les doigts : l'enfant pointe le premier item avec le pouce, le deuxième avec l'index, le troisième avec le majeur ; l'enfant a donc trois doigts levés ; le résultat est trois.

Nous avons repéré cinq autres stratégies. Certains enfants effectuent une simulation parfaite du problème (stratégie n°2): par exemple, pour résoudre l'opération « $4 - 2$ », l'enfant pose quatre pingouins dans sa boîte puis en enlève deux. Nous avons remarqué que certains enfants regardent très attentivement chaque item des collections et chaque geste de l'expérimentateur (stratégie n°1). De même, quelques enfants résolvent le

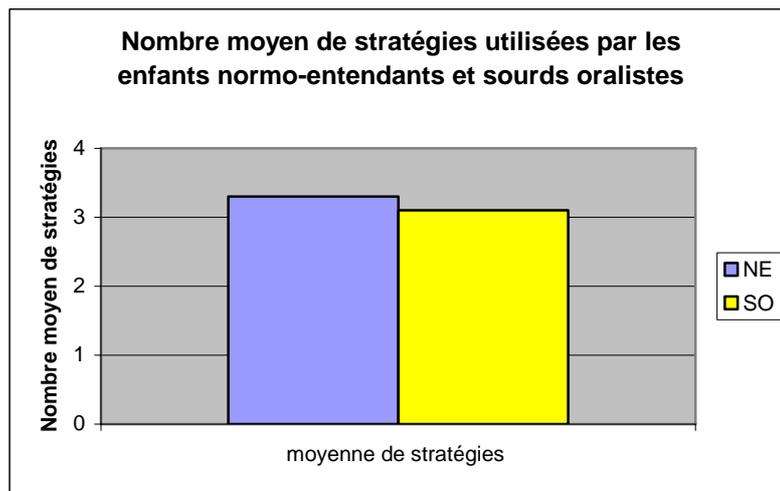


Figure10 : Nombre moyen de stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds oralistes

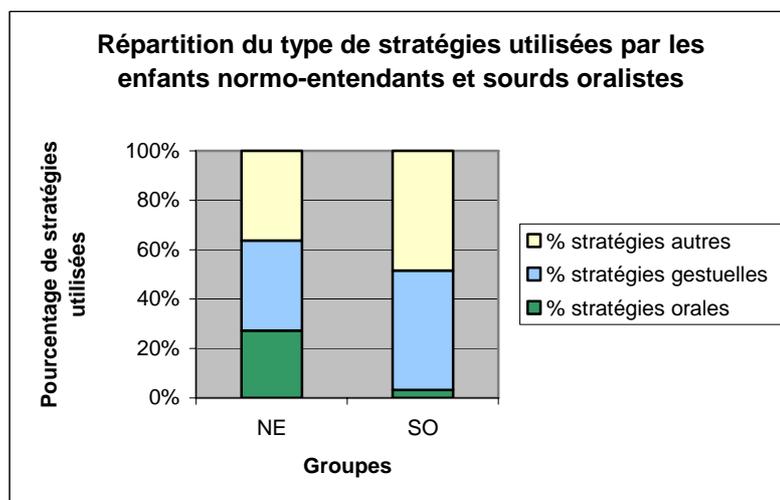


Figure11 : Répartition du type de stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds oralistes

problème avec une stratégie dite « spatiale » (stratégie n°15): ils disposent dans leur boîte les pingouins en séparant les deux opérandes : par exemple, pour l'opération 1+4, l'enfant sépare un pingouin et quatre pingouins. Enfin, certains enfants ont besoin de vérifier le nombre de pingouins qu'ils ont posés (stratégie n°16) en réutilisant l'une des stratégies citées précédemment.

1. Comparaison des stratégies des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants

1.1. Sur l'ensemble des opérations

Les enfants sourds oralistes et les enfants normo-entendants utilisent sensiblement le même nombre de stratégies, à savoir respectivement 3,3 et 3,1 stratégies en moyenne pour résoudre douze opérations. Les deux groupes utilisent donc très peu de stratégies. Cela est à mettre en relation avec le fait que seulement la moitié des enfants de chaque groupe recourent à des stratégies repérables : en effet, cinq enfants normo-entendants et quatre sourds oralistes n'ont pas de stratégies visibles. (Cf. **Figure 10 ; Annexe VIII.4.1 – Tableaux 14, 15 et 16**)

Ils utilisent donc le même nombre moyen de stratégies. Pourtant, l'analyse des performances a précédemment montré que les enfants sourds oralistes obtiennent de moins bonnes performances au test de résolution non verbal d'additions et de soustractions. Cela confirme d'ailleurs l'observation selon laquelle ils sont moins efficaces dans l'utilisation de leurs stratégies : en effet, alors que 29,03 % des stratégies aboutissent à une réponse correcte, les enfants normo-entendants réussissent à trouver la réponse exacte dans 42,42 % des cas où ils utilisent une stratégie.

Les deux groupes emploient des stratégies orales, gestuelles et d'autres stratégies (Cf. **Figure 11**). Mais les fréquences d'utilisation ne sont pas les mêmes. Les normo-entendants utilisent une majorité de stratégies gestuelles (36,36 %) et d'autres stratégies (36,36 %) contre 27,27 % de stratégies orales, mais la répartition paraît assez homogène. *A priori*, nous pourrions croire que les stratégies orales ne sont pas dominantes mais les stratégies employées par le plus grand nombre d'enfants sont pourtant des stratégies orales qui sont l'énonciation de la chaîne numérique verbale et la réponse orale directe. Quant aux enfants sourds oralistes, ils utilisent très peu de stratégies orales (3,23 %), mais beaucoup de stratégies gestuelles (48,39 %) et d'autres stratégies (48,39 %). D'ailleurs,

les enfants sourds oralistes préfèrent la stratégie du regard et les stratégies gestuelles, en particulier la réponse gestuelle directe. Les types de stratégies employées sont assez surprenants dans la mesure où il s'agit d'enfants ayant un mode de communication basé sur la langue orale. Mais cela rejoint l'idée qu'ils présentent très souvent un retard de langage du fait d'un modèle linguistique perçu comme incomplet et ne permettant donc pas le développement de stratégies efficaces basées sur le langage oral.

1.2. Par type et taille d'opération

Les enfants normo-entendants et sourds oralistes emploient peu de stratégies quel que soit le type d'opération, à savoir environ une stratégie pour trois opérations. Les premiers en utilisent un peu plus pour résoudre les petites additions, et les seconds pour les grandes additions. Cette faible utilisation de stratégies est à mettre en lien avec le faible nombre d'utilisateurs de stratégies pour chaque opération : pas plus de quatre enfants normo-entendants et pas plus de cinq enfants sourds oralistes recourent à des stratégies visibles. **(Cf. Annexe VIII.4.1 – Tableaux 14, 15 et 16)**

Les enfants normo-entendants emploient graduellement plus de stratégies pour les petites soustractions, puis les grandes soustractions, puis les grandes additions et enfin les petites additions. Par contre, pour les enfants sourds oralistes, l'ordre n'est pas le même : petites soustractions, grandes soustractions, petites additions et grandes additions. Ce sont les soustractions qui nécessitent le plus de stratégies, probablement parce que cette procédure est plus difficile que l'addition. D'ailleurs, l'efficacité des stratégies des deux groupes est meilleure pour les additions que pour les soustractions.

Pour les deux groupes, l'efficacité est la meilleure pour les petites additions, puis les grandes additions, puis les petites soustractions et, enfin, les grandes soustractions. Alors que les enfants normo-entendants utilisent tout de même des stratégies plus efficaces que les enfants sourds oralistes pour résoudre les additions, petites comme grandes, ce sont les stratégies des enfants sourds oralistes qui sont les plus efficaces pour les grandes soustractions. Quant aux petites soustractions, les deux groupes emploient des stratégies différentes mais avec la même efficacité.

En ce qui concerne le type de stratégies utilisées, les enfants normo-entendants utilisent à la fois des stratégies basées sur le langage oral, des stratégies gestuelles et d'autres, tels que le regard ou l'imitation du protocole. Compte tenu de leur maîtrise de la langue orale, on aurait pu s'attendre que les stratégies dominantes soient des stratégies orales quel que

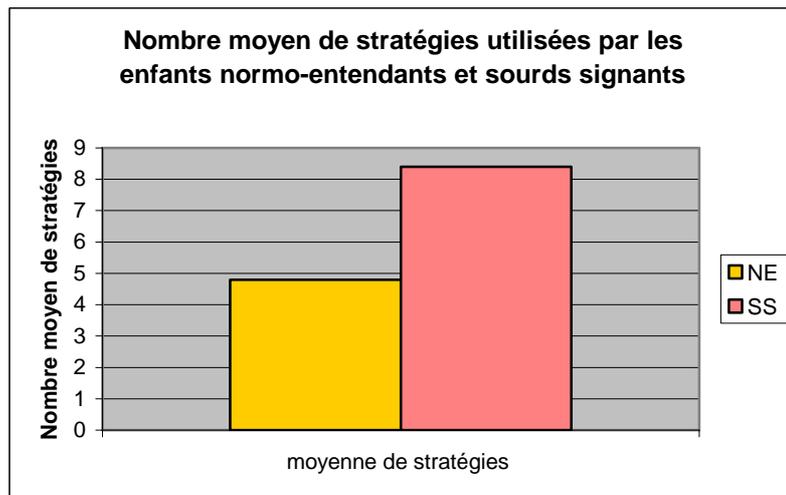


Figure12 : Nombre moyen de stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds signants

soit le type d'opération. Cependant, seules les petites additions sont le plus souvent résolues par des stratégies orales (50 %) : énoncer la chaîne numérique verbale ou donner directement la réponse verbale. Quant aux trois autres opérations, les stratégies gestuelles et les autres dominent pour les petites soustractions (33,33 % pour les deux types de stratégies), pour les grandes additions (37,50 % et 50 % respectivement) et pour les grandes soustractions (42,86 % pour les deux types de stratégies).

Quant aux enfants sourds oralistes, ils utilisent très peu de stratégies qui se basent sur la langue orale. Une seule stratégie orale, à savoir énoncer la chaîne numérique, est employée : pour les seules grandes additions (7,69 % de stratégies orales). Aucune autre stratégie orale n'est observée. Ceci s'explique probablement par le fait qu'ils ne disposent pas d'un modèle linguistique correct et qu'ils présentent un retard de langage. Ils utilisent donc d'autres stratégies tels que le regard attentif du problème avec fixation visuelle sur chaque mouvement et sur chaque figurine de la série, l'imitation exacte du problème, la vérification et des stratégies gestuelles. Les stratégies employées sont différentes selon le type d'opération. Les stratégies gestuelles sont les plus fréquemment utilisées pour les petites soustractions (66,66 %), pour les grandes additions (42,15 %) et pour les grandes soustractions (57,14 %). Quant aux petites additions, ils utilisent d'autres stratégies tel que le regard (85,71 %). La stratégie du regard est la stratégie utilisée par le plus grand nombre d'enfants pour les petites additions et les grandes soustractions. Pour les grandes additions dominent la vérification et la stratégie gestuelle qui consiste à montrer directement avec les doigts le nombre de pingouins. Quant aux petites soustractions, aucune stratégie dominante n'est observée. Les enfants sourds oralistes recourent donc à des stratégies très variées. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ne maîtrisent ni le code oral ni le code gestuel et ne peuvent donc s'appuyer sur aucune des stratégies.

2. Comparaison des stratégies des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants

2.1. Sur l'ensemble des opérations

Les enfants sourds signants utilisent deux fois plus de stratégies (8,4 en moyenne) que les normo-entendants (4,8 en moyenne). Sur l'ensemble des enfants, seulement un de chaque groupe n'a pas de stratégies visibles. Pour résoudre le même nombre d'opérations, les enfants sourds signants ont davantage besoin de stratégies sans pour autant avoir de meilleurs résultats. (Cf. **Figure 12** ; **Annexe VIII.4.2 – Tableaux 17, 18 et 19**)

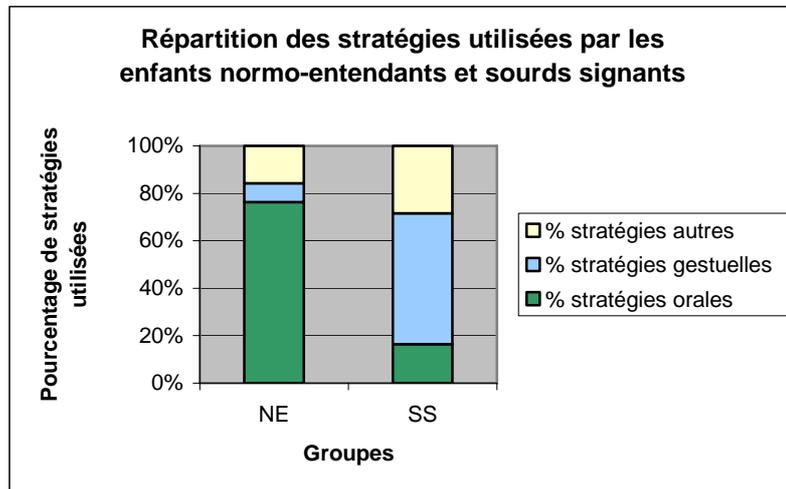


Figure13 : Répartition des stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds signants

Seulement la moitié des stratégies aboutissent à une réponse correcte. Les enfants normo-entendants sont même plus efficaces puisque 57,89 % de leurs stratégies mènent à une réponse correcte alors que 46,27 % seulement des stratégies des enfants sourds signants mènent à une réponse exacte.

Les enfants normo-entendants et les enfants sourds signants n'utilisent pas tout à fait les mêmes stratégies : certaines leur sont communes, d'autres non. Les enfants sourds signants recourent à davantage de stratégies différentes : ils en utilisent dix types, alors que les enfants normo-entendants n'en utilisent que huit. Les deux groupes utilisent tous les types de stratégies : orales, gestuelles et autres. Cependant, les normo-entendants recourent plus à des stratégies orales (76,32 %) et les sourds signants plus à des stratégies gestuelles (55,22 %). D'ailleurs, la stratégie la plus utilisée par les enfants normo-entendants est l'énonciation de la chaîne numérique. Quant aux enfants sourds signants, on relève quatre stratégies utilisées par la majorité des enfants : la stratégie du regard et trois stratégies gestuelles. Plus précisément, il s'agit des stratégies consistant à donner avec les doigts le nombre correspondant aux deux opérandes ou au résultat lui-même et à s'aider des doigts pour résoudre le problème (par exemple, lever quatre doigts et en baisser deux pour résoudre l'opération « $4 - 2$ »). Le choix des stratégies par les deux groupes paraît tout à fait en accord avec leur mode de communication : la langue orale pour les enfants normo-entendants et la Langue des Signes Française pour les enfants sourds signants. (Cf. Figure 13)

2.2. Par type et taille d'opération

Les enfants sourds signants sont plus nombreux à utiliser des stratégies visibles que les enfants normo-entendants. Sur huit enfants normo-entendants, seulement deux enfants recourent à des stratégies visibles pour résoudre les petites additions, et seulement trois pour les grandes additions : cela suggère qu'ils passent probablement par la représentation analogique (Dehaene & Cohen, 2000) pour résoudre les opérations, et peut-être le subitizing qui ne nécessite pas de médiation symbolique. (Cf. Annexe VIII.4.2 – Tableaux 17, 18 et 19)

Le groupe d'enfants sourds signants utilisent davantage de stratégies que les enfants normo-entendants, cela pour chaque type d'opération. Les enfants normo-entendants emploient graduellement plus de stratégies pour les petites additions, puis les petites soustractions, puis les grandes additions et enfin les grandes soustractions. Par contre, pour les enfants sourds signants, l'ordre n'est pas le même : petites soustractions, grandes

additions, petites additions, grandes soustractions. Pour les deux groupes, les grandes soustractions paraissent exiger un investissement plus important de stratégies, probablement du fait qu'il s'agisse d'une procédure plus complexe que l'addition, d'autant plus que les opérandes sont des grands nombres.

En terme d'efficacité des stratégies employées, les deux groupes sont plus efficaces pour les petites opérations, puis les grandes soustractions et enfin pour les grandes additions. Plus précisément, les enfants normo-entendants sont très efficaces pour résoudre les petites additions (83,33 % de réponses correctes), les petites soustractions (87,50 % de réponses justes), et les grandes soustractions (60 % de réponses exactes) ; par contre, les stratégies mènent à une réponse correcte dans seulement 11,11 % des cas en ce qui concerne les grandes additions. Quant aux enfants sourds signants, ils sont plus efficaces pour les additions que pour les soustractions. Seulement 11,76 % des stratégies utilisées pour les grandes additions et 30 % des stratégies pour les grandes soustractions mènent à une réponse juste, contre 78,95 % pour les petites additions et 72,73 % pour les petites soustractions. Notons que les enfants normo-entendants sont plus efficaces que les enfants sourds signants pour les petites opérations, additions et soustractions, et pour les grandes soustractions ; les deux groupes se situent au même niveau d'efficacité pour les grandes additions.

En terme de type de stratégies, les deux groupes n'utilisent pas les mêmes stratégies. Nous avons effectivement vu précédemment que les enfants normo-entendants utilisent davantage des stratégies orales : 83,33 % pour les petites additions, 75 % pour les petites soustractions, 88,88 % pour les grandes additions et 66,66 % pour les grandes soustractions. Ils ne recourent que très peu à des stratégies gestuelles. Les enfants sourds signants emploient davantage de stratégies gestuelles pour chaque type d'opération (42,11 % pour les petites additions, 63,63 % pour les petites soustractions, 58,82 % pour les grandes additions et 55 % pour les grandes soustractions) ; ils utilisent aussi la stratégie du regard et quelques stratégies orales telles que dire le nombre correspondant aux opérandes, donner directement la réponse orale ou interpréter le problème en racontant une histoire. Ils utilisent effectivement la réponse gestuelle directe pour les deux types et les deux tailles d'opérations. De plus, pour les petites additions et les grandes soustractions, ils recourent à la stratégie du regard attentif du problème. Quant aux enfants normo-entendants, ils utilisent surtout deux stratégies orales : la réponse orale directe pour les petites opérations et l'énonciation de la chaîne numérique pour les grandes opérations.

Chapitre V
DISCUSSION DES RESULTATS

I. INTERPRETATION DES RESULTATS

Nous avons proposé une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions simples. Nous manipulons deux variables qui sont d'une part la taille (Petite vs Grande opération) et d'autre part le type (Addition vs Soustraction). D'une manière générale, les enfants sourds oralistes obtiennent des résultats significativement moins bons que les enfants normo-entendants auxquels ils sont appariés en âge et en niveau de développement. Quant aux enfants sourds signants, l'analyse des performances montre qu'ils sont aussi performants que leurs pairs normo-entendants. Quant au type d'opération, les enfants sourds oralistes, les enfants normo-entendants appariés aux sourds oralistes et les enfants sourds signants réussissent aussi bien les additions que les soustractions. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse de Vergnaud (cité par Nunes, 2004) selon laquelle addition et soustraction sont aussi faciles l'une que l'autre. En revanche, les enfants normo-entendants appariés aux enfants sourds signants réussissent mieux les soustractions que les additions pour une raison que nous n'expliquons pas vraiment.

1. Discussion de la première hypothèse

D'après notre première hypothèse, nous supposons que les trois groupes d'enfants de 3, 4 et 5 ans – normo-entendants, sourds oralistes et sourds signants – obtiendraient les mêmes performances concernant les opérations relatives aux petites quantités puisque, d'après le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000), les petites quantités seraient traitées de manière très précise, sans doute via la représentation analogique du nombre, représentation innée que chacun possède. Ainsi cette hypothèse est partiellement validée. En effet, comme nous nous y attendions, les enfants sourds signants sont effectivement aussi performants que les enfants normo-entendants pour résoudre les petites opérations. Mais les sourds oralistes obtiennent significativement de moins bons résultats que les enfants normo-entendants pour traiter les opérations avec des petites quantités.

Nous pouvons alors conclure que les enfants sourds signants et les enfants normo-entendants sont capables de résoudre des petites opérations. D'après Fayol, Perros et Seron (2004), le traitement des petites quantités serait pris en charge par la représentation analogique décrite par Dehaene et Cohen (2000). Toutes les personnes sont capables d'utiliser cette représentation innée des quantités. La représentation analogique est donc indépendante du langage. Or notre étude met en évidence que les enfants sourds oralistes

ne sont pas aussi efficaces que les enfants normo-entendants pour traiter les petites quantités que nous leur avons présentées. On pourrait donc conclure que les enfants normo-entendants et les enfants sourds signants disposent d'une représentation analogique efficace mais que les enfants sourds oralistes disposent d'une représentation analogique altérée. Cette conclusion paraît peu vraisemblable.

Cependant, il convient de discuter ces résultats en réfléchissant aux opérations que nous avons proposées pour représenter les petites quantités et le fonctionnement de la représentation analogique. Définir ce que sont les petites quantités n'est pas si évident puisque la littérature ne fait pas de consensus. Dehaene et Cohen (2000) ne définissent pas précisément ce que sont les petites quantités et postulent seulement que la représentation analogique sert à représenter la quantité sur une ligne qui devient de plus en plus imprécise à mesure que l'on augmente en quantité. Ils ne fixent pas de limites et, selon eux, n'importe quelle quantité peut être traitée par la représentation analogique mais de moins en moins précisément lorsque les quantités deviennent grandes. Lorsque nous avons construit notre protocole, nous avons considéré comme petites additions celles dont les opérandes sont inférieurs ou égaux à quatre et dont le résultat n'excède pas cinq. Quant aux petites soustractions, les opérandes sont inférieurs ou égaux à cinq et le résultat strictement inférieur à cinq. Or Fayol, Perros et Seron (2004) précisent en fait que les petites quantités sont les quantités un, deux ou trois et ne dépassent pas cinq. Gaillard et Willadino-Braga (2001) citent une étude de Starkey et Cooper (1995) qui indique également que le subitizing est possible à 3 ans pour une à quatre unités, et parfois à 4-5 ans pour cinq unités. De ce fait, il aurait fallu ne tester en tant que petites opérations que celles faisant intervenir les quantités un, deux ou trois. Ces opérations correspondent en fait à nos quatre exemples qui sont effectivement le plus souvent réussis par tous mais qui n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique. Les exemples avaient pour but de faire comprendre l'exercice : au besoin, certains enfants ont alors été aidés.

Les opérations que nous avons choisies en tant que petites quantités pour mettre en évidence le fonctionnement de la représentation analogique ne permettent finalement pas d'évaluer ce type de représentation du nombre mais font déjà appel à une représentation symbolique, verbale ou gestuelle, qui traite des grandes quantités et qui permet de réaliser des calculs précis. D'ailleurs, si l'on considère la distance entre l'erreur et la bonne réponse, on s'aperçoit que les enfants sourds oralistes effectuent des erreurs sur les petites opérations avec une distance à la réponse exacte plus importante que les erreurs des enfants normo-entendants et des enfants sourds signants. Il s'agirait donc bien d'un manque de précision. Le fait que les erreurs respectant le sens de l'opération soient les

plus nombreuses va dans le sens d'une bonne compréhension du principe d'addition et de soustraction. De plus, en analysant l'ensemble des réussites et des erreurs allant dans le sens de l'opération, nous nous apercevons que l'écart entre les enfants sourds oralistes et leurs pairs normo-entendants se réduit. En effet, la différence n'est plus significative : on peut ainsi imaginer que le principe de l'opération est bien compris par les enfants sourds oralistes mais qu'il s'agit davantage d'un problème de calculs précis. Gaillard & Willadino-Braga (2001) observent d'ailleurs une « *sensibilité de l'enfant aux ajouts et aux retraits avant l'apparition du langage* » (p.181). Cela explique qu'ils soient donc capables de comprendre le principe additif et soustractif malgré le retard de langage puisque cette capacité est présente avant l'acquisition du langage.

D'ailleurs si les enfants passaient par la représentation analogique pour traiter ces petites opérations, nous ne devrions observer aucune stratégie visible car ils utiliseraient le subitizing des quantités. Or les enfants utilisent des stratégies car ils ne peuvent a priori pas traiter facilement ces quantités qui sont finalement trop grandes et nécessitent l'usage d'un code symbolique.

2. Discussion de la deuxième hypothèse

D'après notre deuxième hypothèse, nous supposons que les enfants sourds oralistes obtiendraient de moins bonnes performances que les enfants normo-entendants à la résolution non verbale d'additions et de soustractions faisant manipuler de grandes quantités. Le traitement des grandes quantités s'effectue grâce à la représentation verbale (modèle du Triple Code décrit par Dehaene & Cohen, 2000), représentation qui dépend du niveau langagier. Or les enfants sourds oralistes présentent le plus souvent un retard de langage du fait de la déprivation auditive et de l'exposition non complète à un modèle linguistique. Notre hypothèse est donc validée puisque les enfants sourds oralistes sont significativement moins performants que les enfants normo-entendants pour résoudre des grandes opérations.

Ainsi il semble que le retard de langage chez les enfants sourds oralistes ait bien des conséquences négatives sur le développement et le fonctionnement de la représentation verbale. Les traitements reposant sur cette représentation dépendent donc fortement du niveau de langage des enfants. Cela confirme l'importance du langage oral dans la construction de représentations numériques possibles. Il serait intéressant de poursuivre l'étude en proposant le même test à des enfants sourds oralistes ayant été implantés précocement et/ou ayant bénéficié d'une aide à la communication telle que le Langage

Parlé Complété (LPC) ; leurs performances au test devraient être améliorées. De la même manière, nous pouvons faire un parallèle avec les enfants présentant une dysphasie, ou Trouble du Développement Spécifique du Langage, puisque Camos (2004) indique que les enfants avec déficit langagier présentent des difficultés dans les apprentissages numériques. Gaillard et Willadino-Braga (2001) précisent en effet que les déficits verbaux handicapent l'acquisition du nombre et du calcul, et montrent ainsi qu'« *il y a de fortes chances pour que les enfants dysphasiques présentent des troubles de l'apprentissage du nombre et du calcul* » (p.189).

Les enfants normo-entendants utilisent majoritairement des stratégies orales. Cela va bien dans le sens d'un niveau de langage suffisant sur lequel ils peuvent s'appuyer pour résoudre les opérations proposées. Les enfants sourds oralistes utilisent peu de stratégies, et notamment peu de stratégies orales. On aurait pu envisager qu'ils s'appuient beaucoup sur l'oral puisqu'ils sont dans un mode de communication oral. Les stratégies qui se basent sur le langage oral ne sont pas dominantes : cela confirme que le retard de langage les empêche de maîtriser les représentations verbales du nombre. De plus, les enfants sourds oralistes ne montrent pas de stratégies dominantes : ils essaient un peu toutes les stratégies à leur disposition sans vraiment être à l'aise avec l'une d'entre elles. Ils ne peuvent donc s'appuyer ni sur des stratégies orales puisqu'ils ne maîtrisent pas la langue orale, ni sur des stratégies gestuelles puisqu'ils ne maîtrisent pas la Langue des Signes Française (LSF).

Les deux groupes présentent le même patron d'erreurs. Pour les normo-entendants comme pour les enfants sourds oralistes, les erreurs majoritaires sont celles respectant le sens de l'opération. Les erreurs ne respectant pas le sens de l'opération et les erreurs de maintien du premier opérande sont effectivement moins fréquentes pour les deux groupes. Nous remarquons aussi que la distance à la réponse exacte est plus élevée pour les enfants sourds oralistes. Ces données suggèrent que le concept d'addition et de soustraction est bien compris puisque le sens de l'opération est très souvent respecté. D'ailleurs, relativement à la somme des réussites et des erreurs respectant le sens de l'opération, les deux groupes obtiennent les mêmes résultats et l'effet de groupe n'est plus significatif. Comme nous l'avions supposé dans la deuxième hypothèse formulée, ceci confirme que la difficulté des enfants sourds oralistes n'est pas la compréhension du problème mais bien la capacité à donner des réponses précises. Ainsi tous ces résultats vont dans le sens de notre hypothèse selon laquelle le retard de langage des enfants sourds oralistes a un effet négatif sur le développement de la représentation auditive verbale du nombre, sur les représentations précises du nombre et sur les capacités à réaliser des calculs précis exacts.

Jordan, Huttenlocher et Levine (1992) et Jordan, Levine et Huttenlocher (1994) évoquent pourtant la possibilité que les enfants jeunes de 4 à 6 ans peuvent résoudre de petits problèmes simples au-delà de trois ou quatre en s'appuyant sur des représentations discrètes qui sont indépendantes du langage. Chez les enfants de milieu défavorisé qui maîtrisent mal le langage, le niveau de réussite est identique à celui relevé chez les enfants de milieu favorisé, ce qui n'est pas le cas quand le langage intervient dans la présentation du problème. Cette étude conclut que la maîtrise du langage oral n'est pas nécessaire à la réussite de problèmes présentés non verbalement. Pourtant, nos résultats nuancent cette conclusion puisque, dans notre étude auprès d'enfants sourds, le niveau de langage influence la réussite à cette tâche.

3. Discussion de la troisième hypothèse

Notre troisième hypothèse concerne les résultats des enfants sourds signants issus de parents sourds signants à notre tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions, au-delà des petites numérosités. En nous référant au modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000), nous avons postulé que la Langue des Signes Française (LSF), étant un code symbolique au même titre que la langue orale, permettrait aux enfants sourds signants, dont elle est la langue maternelle, de développer une représentation et un traitement numériques aussi précis que ceux des enfants normo-entendants. Plus particulièrement, pour le traitement des grandes quantités, pour lesquelles la seule représentation analogique ne suffit plus, les performances des enfants sourds signants devraient être similaires à celles des enfants normo-entendants. Notre troisième hypothèse est donc validée puisque les enfants sourds signants obtiennent effectivement des performances similaires aux enfants normo-entendants dans une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions, même au-delà des petites numérosités. La LSF, leur langue maternelle, est un code symbolique qui permet, au même titre que le langage oral, d'avoir une représentation précise du nombre et de procéder à des calculs précis. Contrairement aux enfants sourds oralistes qui présentent un retard de langage et une représentation verbale par conséquent moins efficace, les enfants sourds signants maîtrisent la LSF et ont donc une représentation symbolique tout aussi précise que celle des enfants normo-entendants. Ainsi, on pourrait imaginer une troisième représentation symbolique représentant la LSF parallèlement à la représentation auditive verbale.

Le concept d'addition et de soustraction est effectivement bien compris puisque les deux groupes commettent des erreurs allant majoritairement dans le sens de la transformation.

L'analyse des stratégies révèle que les enfants sourds signants s'appuient sur leur représentation symbolique qu'est la LSF pour résoudre les opérations : leurs stratégies sont principalement gestuelles. Ce constat va dans le sens d'une maîtrise de leur langue. D'ailleurs, ils utilisent majoritairement des stratégies gestuelles pour répondre à notre test. De plus, ils s'appuient sur la stratégie consistant à regarder attentivement tous les gestes de l'expérimentateur : cela s'explique d'une part par le fait que notre tâche est visuelle, et d'autre part parce que le regard est une composante essentielle à la LSF. Quant aux enfants normo-entendants, leurs stratégies sont majoritairement orales. Ces observations sont concordantes avec le mode de communication respectif des deux groupes. Les enfants normo-entendants utilisent la langue française orale et s'appuient donc sur des stratégies orales ; les enfants sourds signants communiquent avec leur langue maternelle, la LSF, et utilisent des stratégies gestuelles. Ceci fournit une piste de rééducation orthophonique aux difficultés arithmétiques : une entrée dans le nombre par les gestes. Nous développons ce point plus loin dans la partie « Intérêts de notre étude pour l'orthophonie ».

II. LIMITES DE L'EXPERIMENTATION

1. Limites de la population

1.1. Nombre restreint d'enfants

Nous avons analysé les performances de seulement dix enfants sourds oralistes et huit enfants sourds signants. De plus, nous n'avons pas pu évaluer des enfants sourds signants de 3 ans. Or une analyse statistique est d'autant plus fiable que la population est grande. Il aurait fallu que nous analysions les performances de davantage d'enfants pour obtenir des résultats plus fiables. Nous nous sommes rendues dans six établissements accueillant des enfants sourds en régions Rhône-Alpes et Auvergne. Il aurait fallu des moyens en temps et en argent plus importants pour rencontrer plus d'enfants.

1.2. Niveau de langage des enfants non contrôlé

Nous postulons que les enfants normo-entendants et les enfants sourds signants n'ont pas de retard langagier dans leur langue maternelle, respectivement la langue française orale et la LSF, et que les enfants sourds oralistes présentent un retard de langage oral important car ils ont été privés, du fait de la surdité, d'un modèle linguistique complet. A

défaut d'une implantation cochléaire et/ou d'une aide à la communication telle que le Langage Parlé Complété (LPC) qui ont tous deux un effet positif sur le développement du langage, les enfants sourds oralistes n'accèdent pas à une langue orale de qualité. Cependant, nous n'avons pas nous-mêmes évalué les enfants pour arriver à ces conclusions. Il aurait été idéal que nous les évaluions tous avec le même protocole d'évaluation pour que leur niveau de langage soit comparable. Mais nous nous sommes confrontées à la contrainte du temps. Il s'agit donc d'informations fiables obtenues par les enseignants, les éducateurs ou les orthophonistes.

1.3. Test BMP pour des enfants de 2 à 5 ans et demi

Pour obtenir un quotient de développement (QD) afin d'apparier les enfants, nous leur avons fait passer le test BMP (Borel-Maisonny, 1946 ; réétalonnage Forgue, 1973) qui évalue le niveau mental non verbal. Cependant, l'échelle quantitative de Forgue n'est étalonnée que jusqu'à 5 ans et demi. Or les enfants de notre étude sont âgés de 3 à 6 ans. Les enfants entre 5 ans et demi et 6 ans que nous avons testés obtiennent donc un QD en référence à l'âge de 5 ans et demi et donc inférieur à leur QD réel supposé. Ce test n'est donc pas le plus pertinent pour les enfants au-delà de 5 ans et demi mais son caractère non verbal est approprié pour évaluer des enfants en difficulté de langage.

2. Limites du protocole

2.1. Conditions d'expérimentation

Nous avons rencontré chaque enfant dans son établissement d'accueil. Cependant, les conditions n'étaient pas les mêmes dans tous les établissements. Alors que pour certains enfants, nous étions seuls avec lui, certains établissements ont souhaité que l'enfant soit accompagné de son orthophoniste, de son éducatrice ou de sa mère. Parfois, nous étions installés dans une salle familière ou au contraire dans une salle inconnue de l'enfant. Il aurait été souhaitable que chaque enfant soit testé dans un même lieu et dans les mêmes conditions. De plus, tous les enfants n'ont pas été testés au même moment de la journée. Il est donc possible que la fatigue ne soit pas la même pour tous les enfants et qu'elle ait joué un rôle dans les performances au test.

2.2. Rôle de l'attention : un protocole trop long

Le protocole expérimental comporte vingt-quatre opérations que l'on présente de manière non verbale à l'enfant. Ce protocole comporte trop d'opérations compte tenu de la population testée constituée d'enfants très jeunes. L'ensemble de notre protocole dure de vingt-cinq à trente-cinq minutes selon les enfants. Certains enfants ne sont d'ailleurs pas parvenus à finir l'ensemble du test ; nous n'avons finalement pas pu analyser les performances de ces quelques enfants. Danis, Pêcheux et Serres (2005) rapportent qu'une tâche proposée à des enfants jeunes de moins de 5 ans ne doit pas dépasser cinq minutes. Or notre protocole va largement au-delà des cinq minutes d'attention possible. Ruff et Capozzoli en 2003 (cités par Danis, Pêcheux & Serres, 2005) décrivent le développement de l'attention. Ils postulent que l'enfant jeune dispose d'une « attention flottante », c'est-à-dire que le regard de l'enfant s'arrête à peine, en un constant balayage visuel. A partir de 2 ans et demi, la part de cette attention diminue au profit de « l'attention soutenue » qui est la capacité à mobiliser et à maintenir la sélectivité : la concentration est accompagnée d'une immobilité du corps et d'une résistance aux distracteurs. Jusqu'à 5 ans, l'enfant n'est donc pas encore capable d'une attention soutenue longue et complète.

Les adultes ont un rôle primordial pour attirer et maintenir l'attention des enfants : il leur faut utiliser du matériel ludique et familier à l'enfant et s'assurer de la compréhension de la consigne ; c'est pourquoi nous avons proposé quatre exemples dans le protocole. Nous avons effectué des pré-tests pour nous rendre compte de la faisabilité de notre protocole. A l'issue de ces pré-tests, nous avons décidé de réduire le nombre d'opérations. Sur un plan plus positif, les enfants se sont montrés très intéressés par notre matériel, à savoir des figurines de pingouins.

2.3. Rôle de la mémoire de travail

Dans notre protocole, le critère retenu pour différencier grandes et petites opérations est la taille des opérands. Les petites opérations sont celles dont ni chacun des opérands ni le résultat n'excède cinq, et les grandes opérations sont celles dont un des deux opérands ou le résultat est supérieur à cinq. Or Klein et Bisanz (2000) ont montré que la variable importante dans ce type de tâche n'est pas la taille des opérands, mais la quantité maximale maintenue en mémoire de travail par l'enfant. Ainsi, il est essentiel de prendre en compte les capacités des enfants d'âge préscolaire en mémoire de travail pour la résolution de problèmes arithmétiques présentés sous un format non verbal. Dans la tâche arithmétique non verbale, l'enfant doit être capable de construire un modèle mental

représentant la quantité de la série initiale (cachée), la transformation arithmétique appliquée à cette série, et la quantité (cachée) de la série après la transformation. Pour Klein et Bisanz (2000), ces quantités sont représentées dans la mémoire de travail non pas comme des codes simples (une unité pour « 4 ») mais comme des unités discrètes (quatre unités représentent une série de taille « 4 »). Ainsi, plus la numérosité des séries a besoin d'une représentation interne, plus la capacité de la mémoire de travail est saturée et, par conséquent, plus les risques d'erreurs apparaissent. Ces auteurs définissent donc le *representational set size* (RSS), taille représentationnelle de la série, qui correspond à la numérosité maximum de la série représentée en mémoire de travail et demandée pour résoudre le problème. Le RSS correspond au résultat pour les additions (par exemple, pour 3+2, le RSS vaut cinq) et au premier opérande pour les soustractions (par exemple, pour 3-2, le RSS vaut trois). L'étude menée par Klein et Bisanz (2000) a mis en évidence que la résolution des problèmes à deux termes est significativement liée à la taille de l'ensemble représentationnel, soit le nombre maximal d'unités à conserver dans la mémoire de travail pendant la résolution du problème. L'analyse de régression effectuée avec les résultats de notre étude et évaluant la valeur prédictive de trois facteurs potentiels – le plus petit opérande, la somme des deux opérandes et la quantité maximale manipulée (correspondant au RSS décrit par Klein et Bisanz, 2000) – montre que la quantité maximale manipulée fournit la meilleure prédiction des performances. La somme correspond dans tous les cas à la somme des deux opérandes (par exemple, cinq pour 3+2 et six pour 4-2). La quantité maximale manipulée est la somme des deux opérandes pour les additions (par exemple, cinq pour 3+2) et le plus grand opérande pour les soustractions (par exemple, quatre pour 4-2). Seul l'effet de la quantité maximale manipulée est significatif ($p < .05$) ; ni l'effet du plus petit opérande ($p = .335$) ni l'effet de la somme des deux opérandes ($p = .224$) n'est significatif. La mémoire de travail est donc en lien avec les performances arithmétiques, et les erreurs observées chez les enfants dépendraient de la quantité représentée en mémoire de travail. C'est cette unité qui devrait être considérée pour définir petites et grandes opérations, et non la taille des opérandes. Ces résultats permettent de confirmer ceux de Klein et Bisanz (2000).

La mémoire de travail est donc un critère important intervenant dans notre étude et que nous n'avons pas pris en compte lors de l'élaboration de notre protocole expérimental. Celle-ci est décrite comme un système à capacité limitée utilisé pour la manipulation et le maintien temporaire d'informations (Baddeley, 1992 ; Gaonac'h, 2005). Différentes composantes constituent la mémoire de travail : la boucle phonologique, le calepin visuospatial, tous deux systèmes esclaves, et l'administrateur central qui gère ces deux sous-systèmes (Cf. **Annexe IX : Figure 25**). La boucle phonologique correspond au

codage du langage dans la mémoire à court terme par un mécanisme d'autorépétition subvocale (Baddeley, 1992). Une étude de Chan en 1981 (cité par Baddeley, 1992) indique que la boucle phonologique jouerait un rôle pour le comptage et le calcul mental. Gaonac'h (2005) précise, lui, son implication dans l'élaboration des résultats exacts des calculs. Le calepin visuospatial, quant à lui, appelé aussi ardoise visuospatiale, est le système responsable de la formation et de la manipulation des images mentales en mémoire à court terme (Baddeley, 1992). Il concerne soit la perception visuelle directe, soit la formation indirecte d'une image mentale (Baddeley, 1992). Selon Gaonac'h (2005), il sert à traiter l'approximation de l'ordre de grandeur des données et résultats d'un calcul. Enfin l'administrateur central est défini comme le système superviseur contrôlant la boucle phonologique et le calepin visuospatial. Ce système permet de coordonner différentes activités mentales, de passer d'un type de traitement à un autre, de maintenir et manipuler des informations issues de la mémoire à long terme et de diriger notre attention vers des stimuli ciblés (Baddeley, 1992 ; Noël, 2001). Noël (2001) décrit un lien entre troubles du calcul et pauvreté de la mémoire de travail, notamment au niveau du calepin visuospatial et de l'administrateur central. Chez l'enfant, même les petits calculs mobilisent la mémoire à court terme car les faits arithmétiques ne sont pas encore intégrés en mémoire à long terme. Geary (2005) décrit aussi une faiblesse en mémoire de travail chez les enfants ayant des difficultés d'apprentissage en arithmétique. Ces enfants sont plus en échec aux tâches de résolution simple d'additions et de soustractions qui nécessitent à la fois de retenir les nombres dans la boucle phonologique, et de mettre en œuvre des processus de comptage (Geary, 2005). Cette étude indique par ailleurs qu'une faiblesse en mémoire de travail entraîne une plus grande dépendance au comptage sur les doigts. Imbo et Vandierendonck (2006) indiquent eux aussi que les enfants d'âge scolaire sont très dépendants de la mémoire de travail pour résoudre des problèmes arithmétiques simples, et observent également que plus les stratégies utilisées par les enfants sont efficaces, plus les besoins en ressources de mémoire de travail diminuent.

Or, notre protocole expérimental ne prend pas en compte ce facteur, et les capacités en mémoire de travail des enfants que nous avons testés diffèrent probablement. En effet, le système de la boucle phonologique est dépendant du niveau de langage. Geary (2005) indique que, dans une tâche de résolution simple d'additions et de soustractions, la vitesse de traitement est dépendante de la vitesse d'articulation des nombres. De même, la récupération en mémoire à long terme des faits arithmétiques déjà connus est supportée par un système de structures cérébrales liées au langage (Geary, 2005). Ainsi, les différences au niveau langagier des trois groupes d'enfants de notre étude pourraient impliquer des différences de performances en mémoire. Bavelier, Newport, Hall, Supalla

et Boutla (sous presse) ont mené une étude visant à comparer les performances en mémoire à court terme d'adultes sourds signants dont la langue maternelle est l'American Signs Language (ASL), d'adultes normo-entendants dont la langue maternelle est l'anglais, et d'adultes normo-entendants bilingues ASL/anglais. Cette étude a mis en évidence des empannements et envers plus faibles pour les sourds signants que pour les normo-entendants parlant l'anglais, et des empannements également plus faibles pour les normo-entendants bilingues quand la présentation est en ASL plutôt qu'en anglais. Ce constat est le même que la tâche d'empannement présente des chiffres ou des lettres. Cependant, lorsque la tâche de mémoire immédiate ne requiert pas un rappel dans un ordre temporel mais demande un rappel libre des items, les performances sont similaires pour tous les sujets (Bavelier & al., sous presse). Les auteurs expliquent ceci par le fait que les normo-entendants utilisent des représentations auditives pour construire la mémoire à court terme linguistique (Baddeley, 2003 ; cité par Bavelier & al., sous presse). Or, l'ordre temporel est mieux maintenu quand la mémoire à court terme se base sur des représentations auditives que sur des représentations visuelles. Quand le rappel d'items est exigé dans un ordre temporel précis, les sourds signants sont donc désavantagés par rapport aux normo-entendants. Les sourds signants, eux, retiennent plus facilement une organisation spatiale (Bavelier & al., sous presse). Ces études laissent donc penser que selon le mode de communication et le niveau de langage des individus, le fonctionnement de la mémoire de travail est différent.

2.4. Présentations spatiale et séquentielle des opérands

Nous demandons à l'enfant de résoudre par manipulation de figurines des petits problèmes non verbaux d'additions et de soustractions. Pour cela, on montre le premier opérande, on ferme la boîte, on montre le second opérande en ajoutant ou soustrayant : l'enfant doit trouver le résultat en nombre de figurines. Il existe deux types de présentations d'items : la présentation séquentielle qui consiste à poser un à un chaque item de la collection ; et la présentation spatiale qui consiste à montrer en une seule fois l'ensemble de la série. Or, notre protocole utilise les deux types de présentation. En effet, nous présentons le premier opérande de l'opération de manière spatiale, et le second opérande de manière séquentielle.

Les résultats diffèrent quant à la capacité des enfants sourds à reproduire une série d'items selon le type de présentation du problème. Actuellement, il n'existe pas de consensus qui établisse laquelle des présentations spatiale ou séquentielle est la plus facile pour les jeunes enfants sourds. Bryant, Zarfati et Nunes (2004) ont observé que les

enfants sourds obtiennent les mêmes résultats que les enfants normo-entendants dans la condition de présentation séquentielle, et de meilleurs résultats dans la condition de présentation spatiale. On pourrait donc supposer que les enfants sourds sont avantagés dans notre protocole. Mais quelques études montrent néanmoins que les enfants sourds trouvent plus difficile que leurs pairs normo-entendants une présentation séquentielle de problèmes (Nunes, 2004). L'étude de Bavelier et al. (sous presse) qui évalue la mémoire de travail chez des adultes sourds utilisant l'ASL montre que les sujets sourds signants sont plus performants quand le mode de présentation est spatial plutôt que séquentiel. Cela suggère qu'une présentation séquentielle des items d'un problème favoriserait les enfants normo-entendants car les enfants sourds se trouvent très souvent en difficulté avec ce type de présentation.

En ce qui concerne le problème lui-même, la présentation est séquentielle puisque l'on présente d'abord le premier opérande puis le second opérande : à aucun moment, l'enfant ne voit les deux séries d'objets en même temps. La présentation séquentielle d'un problème fait intervenir la mémoire (Nunes, 2004) dans la mesure où l'enfant doit garder en mémoire le premier opérande, c'est-à-dire le premier terme de l'opération, pour pouvoir résoudre le problème.

Comme nous l'avons vu précédemment, la mémoire de travail a sans doute un rôle primordial dans la réussite de cette épreuve : l'enfant doit conserver le premier opérande vu dans son calepin visuospatial en attendant de voir la transformation et le second opérande, et traiter enfin l'opération. Ainsi la présentation séquentielle de la transformation peut expliquer la présence d'erreurs de maintien du premier opérande. En effet, l'enfant voit le premier item de manière spatiale : les enfants sourds ne sont donc pas plus en difficulté que les enfants normo-entendants. En revanche, la suite du problème est présentée séquentiellement, tant au niveau du protocole lui-même qu'au niveau du second opérande. Les enfants sourds signants se trouvent alors plus en difficulté. On peut supposer que leur mémoire de travail est moins performante en comparaison avec l'étude de Bavelier et al (sous presse) réalisée avec des adultes. Et cela explique qu'ils commettent plus d'erreurs de maintien du premier opérande que leurs pairs normo-entendants : ils voient et maintiennent en mémoire le premier opérande dans le calepin visuospatial mais ne sont parfois plus capables de traiter le reste du problème. Nunes (2004) effectue le même constat aussi pour les enfants sourds oralistes, ce qui explique qu'ils commettent également davantage d'erreurs de maintien du premier opérande que leurs pairs normo-entendants.

III. INTERETS DE NOTRE ETUDE POUR L'ORTHOPHONIE

L'analyse des stratégies utilisées par les enfants sourds signants, préférentiellement gestuelles, est à mettre en lien avec différentes études indiquant que l'utilisation de gestes favorise la réussite à des tâches arithmétiques.

Une étude de Jordan, Huttenlocher et Levine (1992) a montré que les enfants issus de familles de faible niveau socioéconomique présentent de moins bonnes performances dans des tâches arithmétiques et, parallèlement, utilisent moins souvent les doigts que les autres. D'une part, ce constat, et d'autre part, le constat de notre étude, qui montre à la fois que les enfants sourds signants réussissent aussi bien que leurs pairs normo-entendants dans une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions et qu'ils utilisent beaucoup de stratégies basées sur l'utilisation des doigts, nous amènent à reconsidérer le rôle des gestes dans l'acquisition numérique, tant au niveau de l'apprentissage que de la rééducation des acquisitions numériques.

Fayol, Barrouillet et Marinthe (1998) montrent une corrélation entre épreuves perceptivo-tactiles et épreuves numériques chez des enfants de 5-6 ans. Les performances perceptivo-tactiles des enfants sont définies dans cette étude comme la faculté d'intégration sensorielle d'une stimulation tactile au niveau des doigts. Le comptage digital, à savoir le comptage à l'aide des doigts, apparaît notamment comme un médiateur important pour la construction des habiletés arithmétiques. Une relation fonctionnelle a été mise en évidence entre l'établissement des représentations numériques et les gestes mis en œuvre dans les activités de dénombrement (Gelman, 1980 ; Gelman & Meck, 1983 ; cités par Capitant de Villebonne & Mellet, 2001). Une autre étude (Alibali & DiRusso, 1999 ; cités par Capitant de Villebonne & Mellet, 2001) précise l'effet facilitateur des gestes dans les activités de dénombrement. Selon ces auteurs, les gestes aident les enfants à mettre en œuvre leur connaissance de la correspondance terme à terme avec précision. Selon eux, deux mécanismes expliquent cet effet facilitateur des gestes : d'une part, le geste aide les enfants à individualiser les objets comptés et donc à segmenter la série d'objets en unités discrètes ; d'autre part, il aide les enfants à alléger la charge en mémoire de travail impliquée dans le comptage, ce qui rend l'enfant plus attentif à la tâche et le conduit à une meilleure précision. Selon Gaillard et Willadino-Braga (2001), « *le support des doigts aide à la mémorisation des faits numériques* » (p.182). Marinthe, Fayol et Barrouillet (2001) indiquent eux aussi que les doigts jouent un rôle primordial dans l'apprentissage de la numération et dans la pratique du dénombrement. Selon ces auteurs, « *l'acquisition*

des capacités numériques serait perturbée lorsque les représentations digitales ne se développent pas normalement » (p.243).

Si on s'intéresse à des pathologies telles que la dyspraxie, difficulté à exécuter des mouvements coordonnés et difficulté dans les activités de construction, ou à l'Infirmité Motrice Cérébrale (IMC), entraînant essentiellement des troubles moteurs suite à une lésion cérébrale précoce (Brin, Courrier, Lederlé & Masy, 2004), des études ont montré que ces pathologies entraînent souvent des difficultés arithmétiques. Les enfants dyspraxiques ont principalement des difficultés pour le pointage, et donc pour le comptage et le dénombrement (Camos, Fayol, Lacert, Bardi & Laquière, 1998). Les enfants IMC présentent un retard dans l'acquisition des habiletés de dénombrement dû au rôle joué par le geste dans la mise en place des capacités de dénombrement (Lecointre & Camos, 2004). Ces études confirment l'importance des gestes dans l'acquisition du nombre.

Au niveau anatomique, une liaison a été identifiée entre la représentation des doigts et les représentations numériques, les deux étant associées au niveau du lobe pariétal (Dehaene, 1997 ; cité par Capitant de Villebonne & Mellet, 2001). Les doigts, les nombres et l'analyse de l'espace occupent des territoires cérébraux voisins et étroitement liés (Dehaene, 1997 ; cité par Capitant de Villebonne & Mellet, 2001). Fayol, Barrouillet et Marinthe (1998) ont montré chez des enfants de 5-6 ans l'existence d'un probable lien causal anatomo-fonctionnel entre les capacités d'intégration des informations kinesthésiques et visuospatiales dévolues au lobe pariétal et les capacités de représentation et de manipulation mentale des quantités.

Or les enfants sourds signants utilisent essentiellement les doigts pour résoudre les opérations que nous leur avons proposées, et en particulier le comptage digital. Nous supposons également que ces enfants ont de bonnes capacités de représentation visuospatiale. Dehaene, en 1997, (cité par Capitant de Villebonne & Mellet, 2001) précise que tous les enfants de toutes les cultures apprennent à compter sur leurs doigts, et que cette activité requiert un contrôle précis des mouvements et de la position des doigts et des mains dans l'espace. Nous supposons que les enfants sourds signants, qui ont un langage basé justement sur les mouvements et la position des doigts et des mains dans l'espace, présentent plus de facilités à entrer dans le comptage par cet intermédiaire des doigts. Le fait qu'ils utilisent préférentiellement des stratégies gestuelles pour la résolution d'additions et de soustractions présentées sous un format non verbal pourrait expliquer leur réussite à cette tâche.

La réussite des enfants sourds signants nous amène à penser que l'utilisation des doigts pour résoudre des problèmes arithmétiques, tels que des additions et des soustractions, est un élément facilitateur. Nous pourrions donc élargir ce constat et imaginer proposer en rééducation orthophonique d'un trouble logicomathématique une entrée dans le nombre par les gestes, notamment pour des enfants en difficulté sur le plan du langage oral. Gaillard et Willadino-Braga (2001) ont notamment établi un lien entre la dysphasie, trouble développemental du langage oral, et la dyscalculie, trouble de l'apprentissage du nombre et du calcul. Ces auteurs ont montré que les déficits verbaux des enfants dysphasiques les handicapent également sur le plan de l'acquisition du nombre et du calcul. Il serait donc intéressant pour ces enfants notamment de leur proposer une approche du nombre par les gestes, afin de contourner la composante verbale qui leur fait défaut. Gaillard et Willadino-Braga (2001) précisent d'ailleurs que « *l'essence non verbale du nombre peut permettre l'acquisition, au moins partielle, du calcul, malgré les troubles dysphasiques* » (p.189). Fischer (1999) préconise d'ailleurs de privilégier, pour les enfants sourds et les enfants en difficulté de langage plus généralement, un apprentissage où les manipulations et les visualisations auraient une place majeure.

Pourtant, Brandys et Rourke (1991) (cités par Fischer, 1999) préconisent un apprentissage mécanique de stratégies verbales s'appuyant sur la mémoire déclarative, c'est-à-dire la connaissance des faits arithmétiques, pour réduire les troubles logicomathématiques des enfants ayant un trouble spécifique en arithmétique car ils ont montré que ces enfants présentent des difficultés plutôt procédurales, c'est-à-dire dans la réalisation des calculs. Fischer (1999) discute cela en précisant qu'« *il faut s'interroger sur la motivation d'un élève qui apprendrait, mécaniquement et verbalement, des stratégies dont il ne comprendrait ni la logique ni l'intérêt* » (p.48). C'est pourquoi nous proposons, à partir de nos observations, d'essayer de faire comprendre les procédures de comptage en s'appuyant sur le geste.

CONCLUSION

En nous référant, d'une part, à des observations faites directement en stage dans un établissement accueillant des enfants sourds, et d'autre part au témoignage d'une adolescente sourde rencontrée lors d'une formation au LPC, nous nous sommes intéressées aux compétences logicomathématiques des enfants sourds.

Nous nous sommes appuyées sur le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000). Nous supposons que tous les enfants (normo-entendants, sourds oralistes et sourds signants) de 3, 4 et 5 ans, disposant de manière innée d'une représentation analogique des quantités, seraient capables de résoudre des additions et des soustractions simples impliquant des petites quantités dans la mesure où elles sont présentées de manière non verbale. Or notre protocole ne nous a pas permis de confirmer cette hypothèse dans la mesure où nos petites opérations sont déjà de trop grandes opérations et ne nécessitent plus seulement la représentation analogique. Il serait donc intéressant de réitérer ce type d'étude mais en prenant le soin de n'utiliser que des petites quantités telles que un, deux ou trois.

Dans un second temps, nous voulions évaluer l'importance du langage dans le développement de la représentation symbolique : la représentation auditive verbale pour le langage oral, et une représentation gestuelle pour la Langue des Signes Française (LSF). En effet, seuls les enfants ayant un niveau de langage suffisant sont capables de résoudre des additions et des soustractions faisant intervenir de plus grandes quantités et présentées de manière non verbale.

D'une part, notre étude a montré que les enfants sourds oralistes de 3, 4 et 5 ans ont des performances moins élevées que les enfants normo-entendants appariés en âge et en niveau de développement à une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions. Ce résultat s'explique par le fait qu'ils présentent un retard de langage du fait d'une exposition linguistique incomplète. La représentation auditive verbale s'en voit donc affectée et ne peut remplir correctement son rôle de représentation symbolique pour réaliser des calculs exacts au-delà de cinq. De ce fait, nous pourrions imaginer reprendre cette même étude avec une population d'enfants sourds oralistes portant un implant cochléaire et/ou utilisant une aide à la communication telle que le Langage Parlé Complété (LPC). Nous pourrions ainsi observer si l'aide technique qu'est l'implant cochléaire et l'aide à la communication qu'est le LPC ont un impact sur la représentation auditive verbale et donc sur la capacité à réaliser des calculs précis et exacts avec de

grandes quantités, puisque le niveau langagier des enfants sourds oralistes porteurs d'implant cochléaire et/ou aidés par le LPC précocement est très souvent amélioré.

D'autre part, nous avons montré que les enfants sourds signants de 3, 4 et 5 ans obtiennent des performances équivalentes aux enfants normo-entendants à une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions, cela du fait d'une exposition précoce et d'une maîtrise de leur langue maternelle : la LSF. Il s'agit d'une représentation symbolique leur permettant de réaliser des calculs exacts et précis avec de petites ou de grandes quantités. Ces résultats nous donnent une piste de travail pour les enfants présentant à la fois des troubles des apprentissages arithmétiques et des difficultés langagières, tels que les enfants sourds oralistes sans apport du LPC et/ou de l'implant cochléaire, les enfants présentant un retard de langage, les enfants dysphasiques. Nous proposons ainsi de contourner l'absence ou la carence de langage et d'essayer d'entrer dans le nombre et la numération par le geste.

D'un point de vue professionnel, notre étude nous a apporté des éléments pour notre future pratique clinique. En effet, cette recherche nous a ouvert une double entrée dans notre future profession d'orthophoniste : dans le domaine de la surdité et dans le domaine logicomathématique. Concernant ces deux champs de compétence de l'orthophonie, nous y avons jusqu'alors été confrontées dans des cadres de rééducation distincts, les enfants sourds étant plus fréquemment pris en charge en orthophonie pour les domaines du langage oral et du langage écrit. Comme nous l'avons constaté par nos lectures, peu d'études fournissent actuellement des éléments sur les compétences logicomathématiques des enfants sourds. A notre échelle, nous avons donc contribué à développer ce domaine de recherche, et nous avons pu évoquer des pistes rééducatives pour permettre aux enfants sourds, et plus généralement aux enfants présentant des difficultés de langage, une entrée dans le domaine logicomathématique. Sur un plan plus personnel, ce travail nous a permis d'acquérir une expérience de terrain en rencontrant les enfants, en découvrant les différentes structures et en échangeant avec les différents professionnels intervenant avec des enfants sourds. Ces rencontres nous ont permis de nous positionner nous-mêmes en tant que professionnels. De plus, par cette étude, nous avons pu réaliser une première démarche de recherche et nous confronter à toute la rigueur que ce travail exige. Cette étude nous a donc permis à la fois de développer notre regard clinique pour notre pratique professionnelle, et de nous ouvrir à la voie de la recherche, essentielle à l'évolution et au dynamisme de notre profession.

BIBLIOGRAPHIE

Baddeley, A. (1992). Le rôle de la mémoire dans la cognition : la mémoire de travail. In A. Baddeley (Ed.), *La mémoire humaine – Théorie et pratique* (pp.79-110). Grenoble : Ed. PUG.

Baddeley, A. (1992). Image centrale, mémoire de travail et calepin visuospatial. In A. Baddeley (Ed.), *La mémoire humaine – Théorie et pratique* (pp.111-132). Grenoble : Ed. PUG.

Baddeley, A. (1992). Attention et contrôle en mémoire. In A. Baddeley (Ed.), *La mémoire humaine – Théorie et pratique* (pp.133-158). Grenoble : Ed. PUG.

Barrouillet, P., & Camos, V. (2002). Savoirs, savoir-faire arithmétiques, et leurs déficiences. *Ministère de la recherche, école et sciences cognitives*.

Bavelier, D., Newport, E. L., Hall, M., Supalla, T., & Boutla, M. (2008, sous presse). Ordered short-term memory differs in signers and speakers: Implications for models of short-term memory. *Cognition*, 1-27.

Brin, F., Courier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2004). Dictionnaire d'orthophonie. Isbergues : Ortho Edition.

Bryant, P., Nunes, T., & Zarfaty, Y. (2004). The performance of young deaf children in spatial and temporal number tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(3), Oxford University Press, 315-326.

Camos, V. (2004). Le rôle du langage dans les apprentissages numériques. *A.N.A.E.*, 76-77, 111-116.

Camos, V., Fayol, M., Lacert, P., Bardi, A., & Laquière, C. (1998). Le dénombrement chez des enfants dysphasiques et des enfants dyspraxiques. *A.N.A.E.*, 48, 86-91.

Capitant de Villebonne, C., & Mellet, K. (2001). *Performances perceptivo-tactiles et performances arithmétiques chez les enfants de 5-6 ans*. 1141. Mémoire d'orthophonie, Université Lyon1, Lyon.

Clearfield, M. W. (2004). Infants' enumeration of dynamic displays. *Cognitive Development* 19, 309-324.

-
- Danis, A., Pêcheux, M.-G., & Serres, J. (2005). Approche comportementale de l'attention : aspects développementaux chez les enfants d'âge préscolaire. *A.N.AE.*, 82, 102-107.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2000). Un modèle anatomique et fonctionnel de l'arithmétique mentale. In M. Pesenti & X. Seron (Eds.), *Neuropsychologie des troubles du calcul et du traitement des nombres* (pp.191-232). Marseille : Ed. Solal.
- Ducharme, D., & Mayberry, R. (2005). L'importance d'une exposition précoce au langage : la période critique s'applique au langage signé tout comme au langage oral. In C. Transler, J. Leybaert & J.-E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd* (pp.15-28). Marseille : Ed. Solal.
- Dumont, A. (1996). *Implant cochléaire, surdité et langage*. Bruxelles : Ed. De Boeck Université.
- Dumont, A. (2004). Démutisation des surdités du premier âge, appareillées ou non, y compris en cas d'implant cochléaire. In T. Rousseau (Ed.), *Les approches thérapeutiques en orthophonie, Prise en charge orthophonique des pathologies oto-rhino-laryngologiques* (pp. 9-27). Isbergues : OrthoEdition.
- Fayol, M., Barrouillet, P., & Marinthe, C. (1998). Predicting arithmetical achievement from neuro-psychological performance : a longitudinal study. *Cognition*, 68, 63-70.
- Fayol, M., Camos, V., & Roussel, J.-L. (2000). Acquisition et mise en œuvre de la numération par les enfants de 2 à 9 ans. In M. Pesenti et X. Seron (Eds.), *La neuropsychologie du calcul* (pp.1-15). Marseille : Ed. Solal.
- Fayol, M., Perros, H., & Seron, X. (2004). Les représentations numériques : caractéristiques, troubles et développement. In M.-N. Metz-Lutz, E. Demont, C. Seegmuller, M. De Agostini & N. Bruneau (Eds.), *Développement cognitif et troubles des apprentissages* (pp.69-107). Marseille : Ed. Solal.
- Feigenson, L., Carey, S., & Hauser, M. (2002). The representations underlying infants' choice of more : objects files versus analog magnitudes. *Psychological science*, 13 (2), 150-156.
- Fischer, J.-P. (1999). Les élèves en difficulté : calculent-ils autrement ? *Rééducation orthophonique*, 199, 33-51.
-

-
- Gaillard, F., & Willadino-Braga, L. (2001). Calcul et langage dans le développement et les troubles des apprentissages. In A. Van Hout & C. Meljac (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculie chez l'enfant* (pp.179-200). Paris : Ed. Masson.
- Galant, P. (2003). Quantités. In P. Galant (Ed.), *Dictionnaire bilingue LSF / Français Le Poche* (pp.216-217). Paris : Ed. IVT.
- Gaonac'h, D. (2005). Mémoire de travail et apprentissages scolaires. *A.N.A.E.*, 81, 47-52.
- Geary, D. C. (2005). Les troubles d'apprentissage en arithmétique : rôle de la mémoire de travail et des connaissances conceptuelles. In M.-P. Noël (Ed.), *La dyscalculie Trouble du développement numérique de l'enfant* (pp. 169-191). Marseille : Ed. Solal.
- Goust, J. (2003). L'appareillage auditif. In J. Goust (Ed.), *Guide des aides techniques pour les malentendants et les sourds* (pp. 39-56). Paris : Ed. Liaisons.
- Grupe, L. A. (1995). *A microgenetic study of the effects of manipulatives on the early addition strategies of young children*. Mémoire de Master. University of Alabama at Birmingham.
- Hage, C. (2005). De la communication au langage : développement du langage oral chez l'enfant atteint de déficience auditive profonde. In C. Transler, J. Leybaert & J.-E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd* (pp.121-146). Marseille : Ed. Solal.
- Houde, O. (1999). De la pensée du bébé à celle de l'enfant : l'exemple du nombre. In Dortier J.-F. (Ed.), *Le cerveau et la pensée* (pp.311-319). Auxerre : Edition Sciences Humaines.
- Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2006). The development of strategy use in elementary school children : Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology*.
- Jordan, N. C., Huttenlocher, J., & Levine, S. C. (1992). Differential calculation abilities in young children from middle- end low-income families. *Developmental Psychology*, 28 (4), 644-653.
-

-
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L. N., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: a longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77* (1), 153-175.
- Jordan, N. C., Levine, S. C., & Huttenlocher, J. (1994). Development of calculation abilities in middle- and low-income children after formal instruction in school. *Journal of Applied Developmental Psychology, 15*, 223-240.
- Klein, J.-S., & Bisanz, J. (2000). Preschoolers doing arithmetic: the concepts are willing but the working memory is weak. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 54* (2), 105-115.
- Lecointre, A.-S., & Camos, V. (2004). Le rôle du geste dans les apprentissages numériques : les stratégies de dénombrement chez les patients infirmes moteurs cérébraux. *A.N.A.E.*, 78, 195-201.
- Lepot-Froment, C. (1996). L'acquisition d'une langue des signes. In C. Lepot-Froment & N. Clerebaut (Eds.), *L'enfant sourd, communication et langage* (pp.165-205). Bruxelles : Ed. De Boeck Université.
- Lepot-Froment, C., & Clerebaut, N. (1996). Les interactions prélinguistiques entre l'enfant et ses parents. In C. Lepot-Froment & N. Clerebaut (Eds.), *L'enfant sourd, communication et langage* (pp.59-82). Bruxelles: Ed. De Boeck Université.
- Levine, S. C., Jordan, N. C., & Huttenlocher, J. (1992). Development of calculation abilities in young children. *Journal of experimental child psychology, 53*, 72-103.
- Leybaert, J. (2006). Evaluation des habiletés numériques chez les enfants atteints de surdité. In C. Hage, J. Leybaert & B. Charlier (Eds.), *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd, Pistes d'évaluation* (pp.223-246). Sprimont (Belgique) : Ed. Mardaga.
- Leybaert, J., Charlier, B. L., Hage, C., & Alegria, J. (1996). Percevoir la parole par les yeux : l'enfant sourd exposé au Langage Parlé Complété. In C. Lepot-Froment & N. Clerebaut (Eds.), *L'enfant sourd, communication et langage* (pp.277-315). Bruxelles: Ed. De Boeck Université.
- Leybaert, J., Schepers, F., Renglet, T., Simon, P., Serniclaes, W., Deltenre, P., Marquet, T., Mansbach, A.-L., Périer, O., & Ligny, C. (2005). Effet de l'implant cochléaire sur le
-

développement du langage et l'architecture cognitive de l'enfant sourd profond. In C. Transler, J. Leybaert & J.-E. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd* (pp. 173-194). Marseille : Ed. Solal.

Marinthe, C., Fayol, M., & Barrouillet, P. (2001). Gnosies digitales et développement des performances arithmétiques. In A. Van Hout & C. Meljac (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculie chez l'enfant* (pp.238-254). Paris : Ed. Masson.

Noël, M.-P. (2001). Rôle de la mémoire de travail dans l'apprentissage du calcul In A. Van Hout & C. Meljac (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculie chez l'enfant* (pp.171-178). Paris : Ed. Masson.

Nunes, T. (2004). Additive reasoning : connecting addition and subtraction. In T. Nunes (Ed.), *Teaching Mathematics to Deaf Children* (pp.50-84). Londres et Philadelphie : Whurr Publisher.

Nunes, T. (2004). Counting and its creative uses. In T. Nunes (Ed.), *Teaching Mathematics to Deaf Children* (pp.22-49). Londres et Philadelphie : Whurr Publisher.

Nunes, T. (2004). Introduction. In T. Nunes (Ed.), *Teaching Mathematics to Deaf Children* (pp.1-21). Londres et Philadelphie : Whurr Publisher.

Preisler, G. (2001). Recherche sur les effets des implants cochléaires chez les enfants. In G. Preisler (Ed.), *Les implants cochléaires chez les enfants sourds* (pp.16-22). Rapport du Conseil de l'Europe. Strasbourg : Ed. du Conseil de l'Europe.

Rivière, I. (1998). *Contribution à l'étude du dénombrement chez des enfants et adolescents sourds*. 11. Mémoire d'orthophonie, Université Strasbourg1, Strasbourg.

Vinter, S. (1996). Construction de la communication vocale. In C. Lepot-Froment & N. Clerebaut (Eds.), *L'enfant sourd, communication et langage* (pp.25-57). Bruxelles: Ed. De Boeck Université.

Virole, B., & Huygues, B. (2004). Typologies des déficiences auditives. In Virole, B., & Huygues B. (Eds.), *Psychologie de la surdité* (pp. 83-100). Bruxelles : Ed. De Boeck Université.

ANNEXES

ANNEXE I : MODELE DU TRIPLE CODE

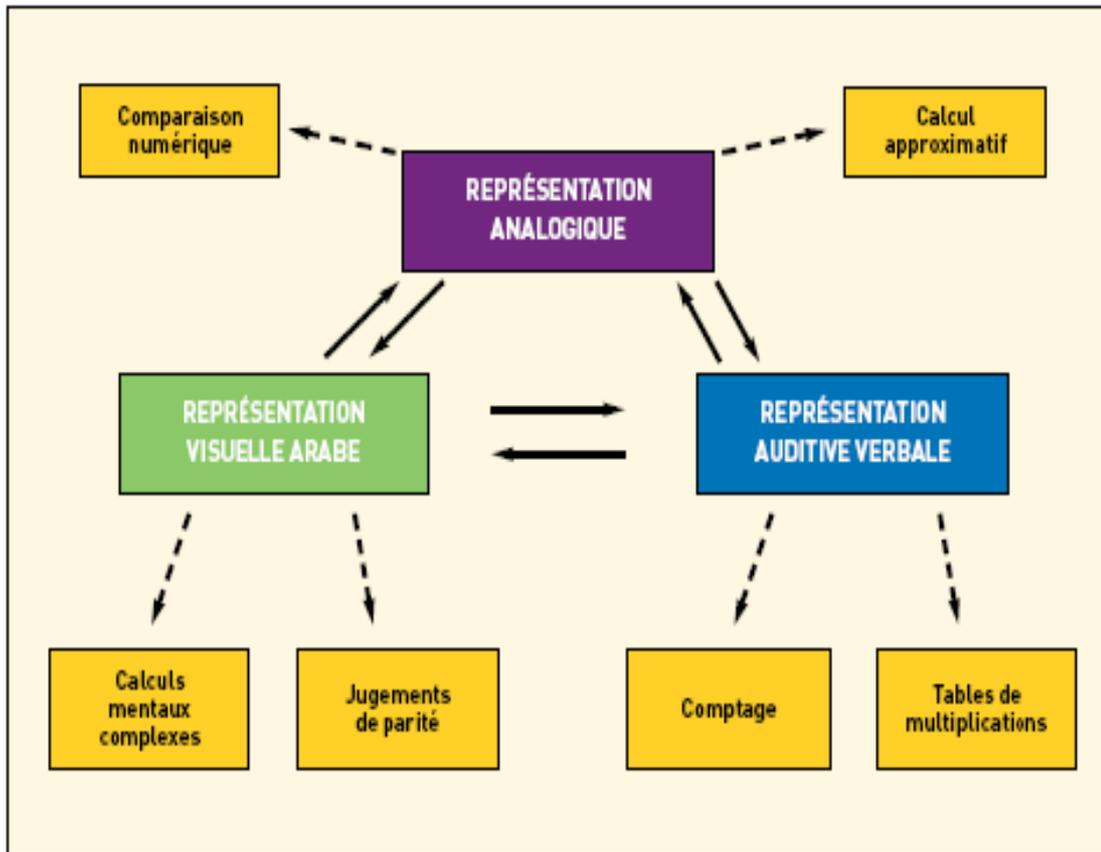


Figure14 : Modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000)

ANNEXE II : ILLUSTRATIONS DE LA SURDITE

1. Schéma de l'oreille

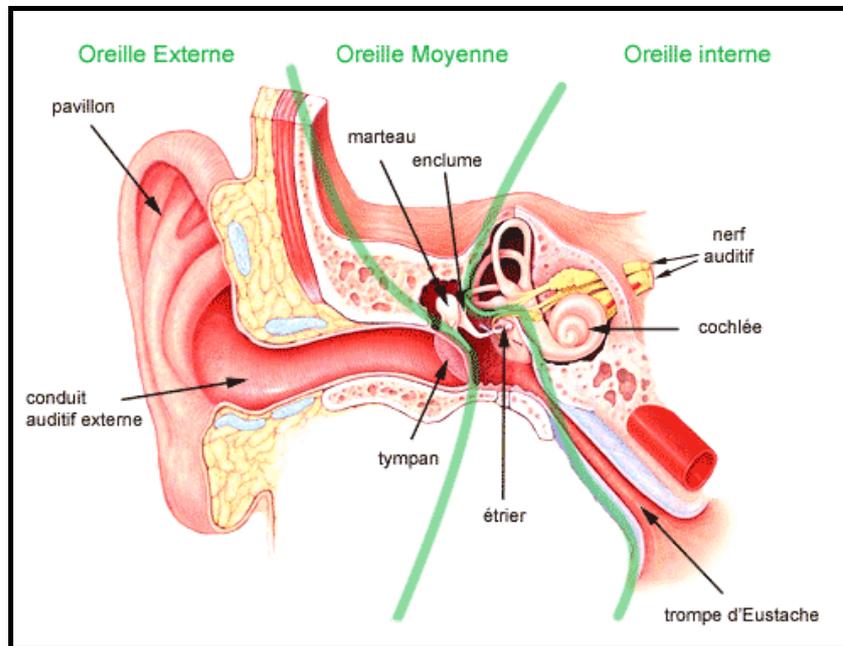


Figure15 : Schéma de l'oreille

2. Echelle des degrés de surdité

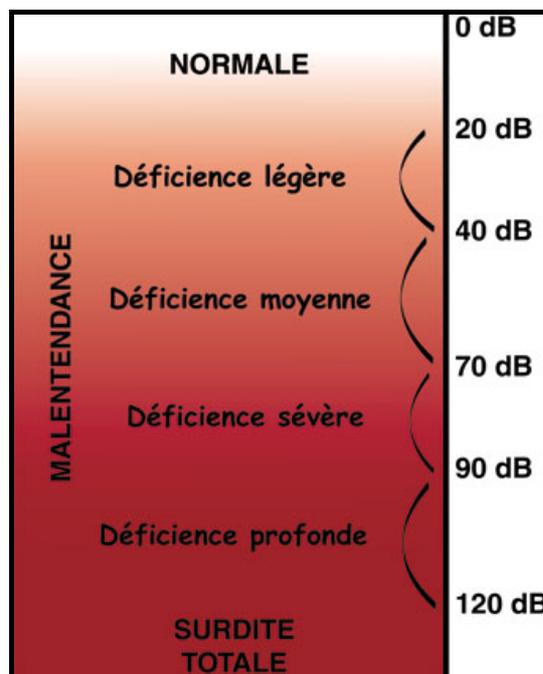


Figure16 : Echelle des degrés de surdité

3. Illustration d'un appareillage



Figure17 : Un exemple d'appareillage audiprothétique

4. Schéma d'un implant cochléaire

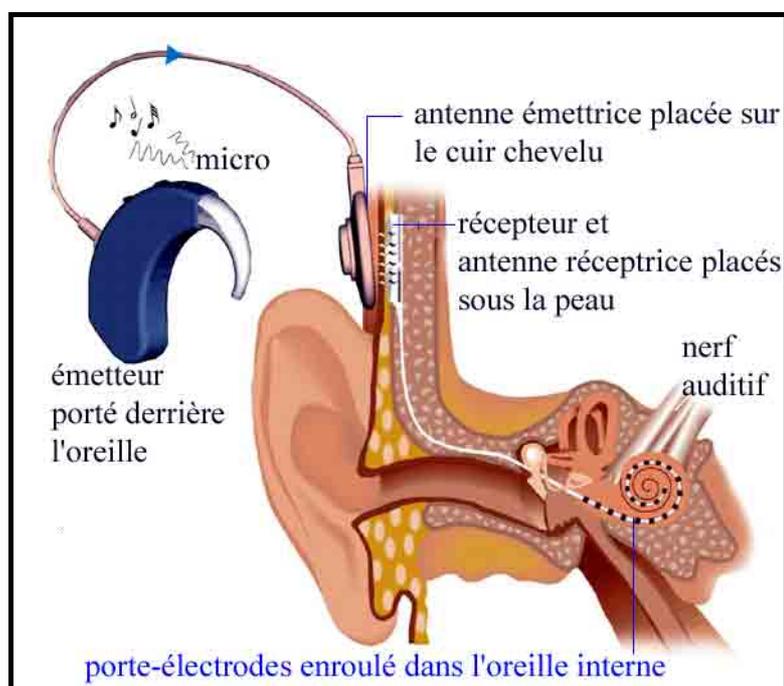


Figure18 : Schéma de l'implant cochléaire

ANNEXE III : NUMERATION EN LSF

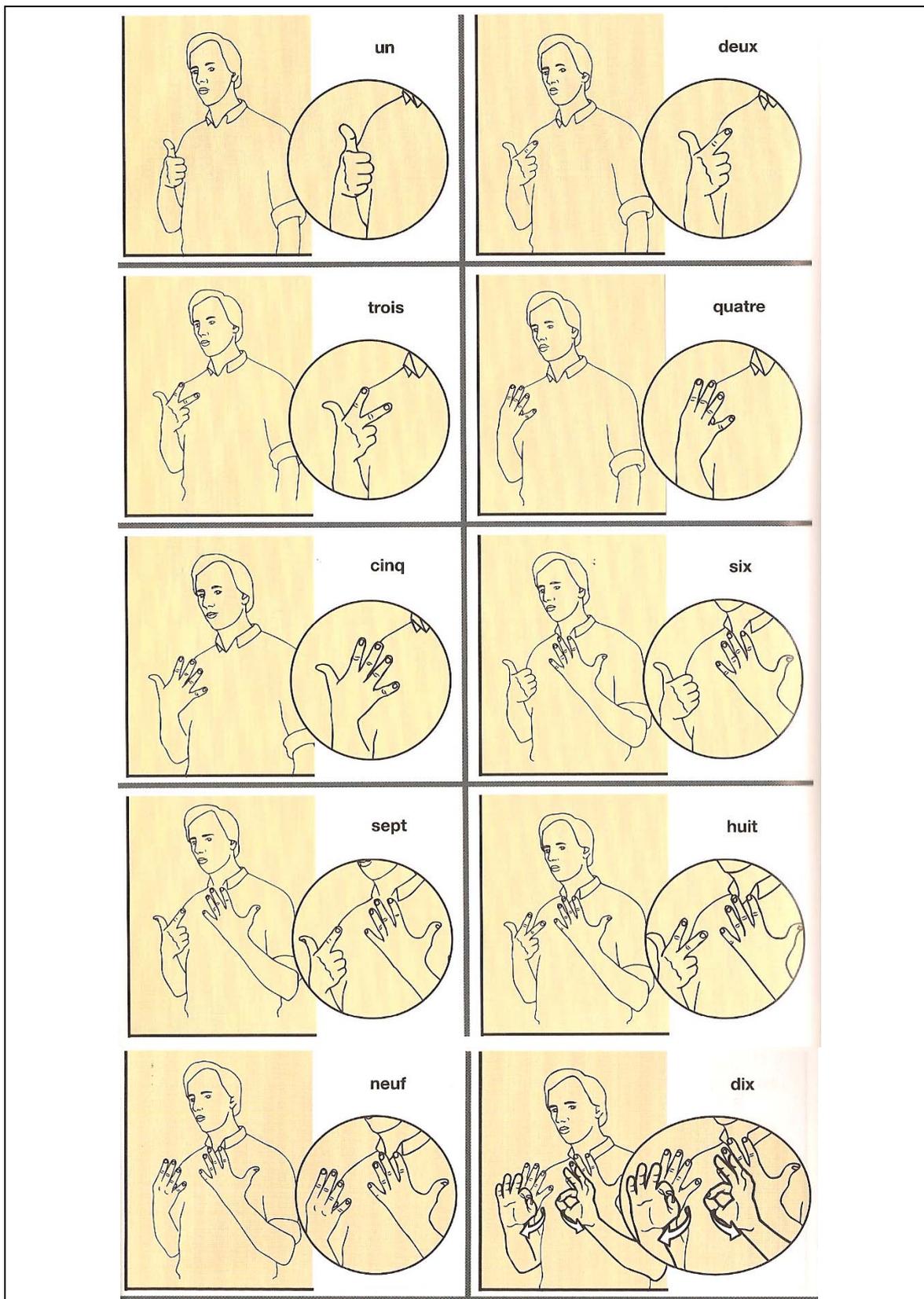


Figure19 : Numération en LSF

ANNEXE IV : TABLEAU DE LA POPULATION

| | | SEXE | AGE | CLASSE | AD | QD | Degré surdité | Appareillage | Education | Parents | Ecole |
|----|-----------|------|-----|--------|----|-----|---------------|--------------|-----------|---------|-------|
| 1 | entendant | F | 40 | PSM | 39 | 103 | | | | | H |
| 2 | entendant | F | 40 | PSM | 50 | 125 | | | | | H |
| 3 | entendant | F | 41 | PSM | 41 | 105 | | | | | H |
| 4 | entendant | F | 43 | PSM | 42 | 98 | | | | | H |
| 5 | entendant | M | 43 | PSM | 48 | 112 | | | | | H |
| 6 | entendant | M | 43 | PSM | 39 | 91 | | | | | H |
| 7 | entendant | F | 43 | PSM | 50 | 123 | | | | | H |
| 8 | entendant | M | 45 | PSM | 44 | 98 | | | | | H |
| 9 | entendant | F | 45 | PSM | 45 | 100 | | | | | H |
| 10 | entendant | M | 45 | PSM | 48 | 107 | | | | | H |
| 11 | entendant | M | 46 | PSM | 42 | 91 | | | | | H |
| 12 | entendant | F | 47 | PSM | 41 | 87 | | | | | H |
| 13 | entendant | M | 47 | PSM | 45 | 96 | | | | | H |
| 14 | entendant | F | 47 | PSM | 48 | 102 | | | | | H |
| 15 | entendant | F | 48 | PSM | 48 | 100 | | | | | H |
| 16 | entendant | M | 48 | PSM | 39 | 81 | | | | | H |
| 17 | entendant | M | 49 | PSM | 59 | 120 | | | | | H |
| 18 | entendant | F | 49 | PSM | 47 | 96 | | | | | H |
| 19 | entendant | M | 50 | MSM | 54 | 108 | | | | | H |
| 20 | entendant | F | 51 | MSM | 54 | 106 | | | | | H |
| 21 | entendant | M | 51 | MSM | 57 | 112 | | | | | H |
| 22 | entendant | M | 53 | MSM | 56 | 106 | | | | | H |
| 23 | entendant | F | 54 | MSM | 62 | 115 | | | | | H |
| 24 | entendant | M | 54 | MSM | 39 | 72 | | | | | H |
| 25 | entendant | M | 56 | MSM | 56 | 100 | | | | | H |
| 26 | entendant | F | 51 | MSM | 59 | 116 | | | | | H |
| 27 | entendant | F | 51 | MSM | 59 | 116 | | | | | H |
| 28 | entendant | M | 53 | MSM | 44 | 83 | | | | | H |
| 29 | entendant | F | 53 | MSM | 50 | 94 | | | | | H |
| 30 | entendant | M | 55 | MSM | 53 | 96 | | | | | H |
| 31 | entendant | F | 56 | MSM | 51 | 91 | | | | | H |
| 32 | entendant | M | 57 | MSM | 63 | 111 | | | | | H |
| 33 | entendant | M | 57 | MSM | 66 | 116 | | | | | H |
| 34 | entendant | M | 57 | MSM | 50 | 88 | | | | | H |
| 35 | entendant | F | 57 | MSM | 45 | 79 | | | | | H |
| 36 | entendant | F | 57 | MSM | 62 | 109 | | | | | H |
| 37 | entendant | F | 57 | MSM | 57 | 100 | | | | | H |
| 38 | entendant | F | 59 | MSM | 54 | 92 | | | | | H |
| 39 | entendant | F | 59 | MSM | 53 | 90 | | | | | H |
| 40 | entendant | F | 59 | MSM | 62 | 105 | | | | | H |
| 41 | entendant | F | 60 | GSM | 51 | 85 | | | | | H |
| 42 | entendant | M | 61 | GSM | 54 | 89 | | | | | H |
| 43 | entendant | M | 62 | GSM | 57 | 92 | | | | | H |
| 44 | entendant | M | 63 | GSM | 63 | 100 | | | | | H |
| 45 | entendant | F | 63 | GSM | 59 | 94 | | | | | H |
| 46 | entendant | M | 64 | GSM | 60 | 94 | | | | | H |
| 47 | entendant | F | 64 | GSM | 51 | 80 | | | | | H |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------|---|----|-----------|----|-----|---------------------|-------|------|------------|--|---|
| 48 | entendant | F | 64 | GSM | 66 | 103 | | | | | | H |
| 49 | entendant | M | 64 | GSM | 45 | 70 | | | | | | H |
| 50 | entendant | F | 65 | GSM | 62 | 95 | | | | | | H |
| 51 | entendant | F | 65 | GSM | 59 | 91 | | | | | | H |
| 52 | entendant | M | 65 | GSM | 65 | 100 | | | | | | H |
| 53 | entendant | M | 67 | GSM | 47 | 70 | | | | | | H |
| 54 | entendant | M | 67 | GSM | 65 | 97 | | | | | | H |
| 55 | entendant | F | 67 | GSM | 59 | 88 | | | | | | H |
| 56 | entendant | M | 67 | GSM | 63 | 94 | | | | | | H |
| 57 | entendant | F | 68 | GSM | 60 | 88 | | | | | | H |
| 58 | entendant | M | 68 | GSM | 59 | 87 | | | | | | H |
| 59 | entendant | F | 69 | GSM | 66 | 96 | | | | | | H |
| 60 | entendant | F | 69 | GSM | 66 | 96 | | | | | | H |
| 61 | entendant | F | 71 | GSM | 62 | 87 | | | | | | H |
| 62 | sourd | M | 38 | PSM | 36 | 95 | SP ¹ | oui | oral | entendants | | A |
| 63 | sourd | M | 41 | PSM | 32 | 78 | SS ² /SP | oui | oral | entendants | | B |
| 64 | sourd | M | 42 | PSM | 36 | 86 | SP | oui | oral | entendants | | D |
| 65 | sourd | M | 46 | PSM | 32 | 70 | SS | oui | oral | entendants | | D |
| 66 | sourd | M | 46 | PSM | 44 | 97 | SP | oui | oral | entendants | | D |
| 67 | sourd | M | 47 | PSM | 39 | 83 | SP | oui | oral | entendants | | B |
| 68 | sourd | M | 50 | MSM | 51 | 102 | SS | oui | LSF | sourds | | F |
| 69 | sourd | M | 50 | MSM | 59 | 118 | SP | oui | LSF | sourds | | E |
| 70 | sourd | M | 51 | PSM / MSM | 42 | 82 | SS/SP | oui | oral | entendants | | B |
| 71 | sourd | M | 53 | PSM | 38 | 72 | SS | oui | oral | entendants | | B |
| 72 | sourd | F | 55 | MSM | 48 | 87 | SS | oui | LSF | sourds | | D |
| 73 | sourd | F | 55 | MSM | 47 | 85 | SS | oui | oral | entendants | | C |
| 74 | sourd | F | 56 | MSM | 56 | 100 | SP | aucun | LSF | sourds | | B |
| 75 | sourd | M | 58 | MSM | 44 | 76 | SS | oui | oral | entendants | | D |
| 76 | sourd | M | 58 | MSM | 41 | 71 | SP | oui | oral | entendants | | B |
| 77 | sourd | M | 59 | MSM | 50 | 85 | SS/SP | oui | oral | entendants | | C |
| 78 | sourd | M | 67 | GSM | 57 | 85 | SS | oui | LSF | sourds | | G |
| 79 | sourd | M | 68 | MSM | 48 | 71 | SP | aucun | oral | entendants | | B |
| 80 | sourd | M | 69 | MSM | 59 | 86 | SP | aucun | oral | entendants | | B |
| 81 | sourd | M | 70 | GSM | 65 | 93 | SP | aucun | LSF | sourds | | E |
| 82 | sourd | M | 70 | GSM | 63 | 90 | SP | aucun | LSF | sourds | | B |
| 83 | sourd | M | 71 | GSM | 66 | 93 | SP | oui | LSF | sourds | | B |
| 84 | sourd | F | 71 | GSM | 66 | 93 | SS/SP | oui | oral | entendants | | D |
| 85 | sourd | F | 71 | GSM | 66 | 93 | SS | oui | oral | entendants | | C |

Tableau3 : Population

¹ Surdité Profonde² Surdité Sévère

ANNEXE V : PRE-TESTS ET ELABORATION DU PROTOCOLE

Pour s'assurer de la faisabilité de notre protocole par la population d'enfants ciblés, nous avons élaboré une première version de notre test et nous l'avons fait passer à cinq enfants normo-entendants, scolarisés en maternelle à l'école Saint-Exupéry de Saint-Maurice-de-Beynost. Un est scolarisé en petite section de maternelle et est âgé de 3 ans 6 mois, deux sont en moyenne section de maternelle et sont âgés entre 4 et 5 ans, et deux sont en grande section de maternelle et sont âgés entre 5 et 6 ans.

Trente opérations étaient prévues. Comme dans la version définitive du test, les quatre exemples (1+1, 1+2, 2-1 et 3-1) étaient préalablement présentés à l'enfant. Deux paliers étaient prévus : le premier après vingt opérations, le second après trente opérations. Nous avons présenté des opérations dont les opérandes n'excèdent pas sept, le résultat pouvant, lui, être au maximum de dix.

Nous avons observé des résultats et comportements nous permettant de faire évoluer cette première version du test. L'enfant le plus jeune n'a pu faire que quatorze opérations et le plus âgé en a réalisé vingt-neuf. Même si l'épreuve est plus ou moins réussie selon les enfants, les consignes sont bien comprises. Pour les quatre enfants les plus jeunes, le test est vécu comme long et difficile. Plusieurs pauses sont proposées pour rendre la tâche moins coûteuse, mais l'attention des enfants est difficile à maintenir très longtemps. Plus l'enfant est jeune, plus l'attention sur la tâche est brève, et celle-ci est rapidement fatigante.

A partir de ces constats, nous avons procédé à des réajustements de notre protocole. Même pour les enfants les plus grands, le protocole apparaissait comme long. Dans la version définitive, le protocole contient vingt-quatre opérations au lieu de trente, et seules les douze premières sont présentées aux enfants de 3 ans et à certains enfants de 4 ans selon leur fatigabilité et leurs capacités d'attention. Néanmoins, nous avons conservé la même taille des opérandes puisque pour certains enfants, les opérations contenant un opérande égal à 7 étaient réussies. De même, nous avons conservé un maximum de 10 pour le résultat. Une addition (5+5) aboutit à ce résultat dans notre protocole définitif. Une remarque positive est que ces pré-tests nous ont également permis de constater que le matériel était très apprécié des enfants, qui se montraient coopératifs et intéressés par la tâche.

ANNEXE VI : ILLUSTRATIONS DU PROTOCOLE



On montre le premier opérande (1 pingouin)



On ferme la boîte de l'expérimentateur

On montre le second opérande (1 pingouin)
à côté de la boîte de l'expérimentateurOn ajoute le second opérande (1 pingouin)
dans la boîte de l'expérimentateurOn pose le résultat (2 pingouins) dans la
boîte de l'enfantOn montre que c'est pareil dans les deux
boîtes**Figure20 : Illustrations de l'exemple 1+1**



On montre le premier opérande (2 pingouins) dans la boîte de l'expérimentateur



On ferme la boîte de l'expérimentateur



On retire le second opérande de la boîte de l'expérimentateur (1 pingouin)



On montre le second opérande (1 pingouin) à côté de la boîte de l'expérimentateur



On pose le résultat (1 pingouin) dans la boîte de l'enfant



On montre que c'est pareil dans les deux boîtes

Figure21 : Illustrations de l'exemple 2-1



On montre le premier opérande (1 pingouin)
dans la boîte de l'expérimentateur



On ferme la boîte de l'expérimentateur



On montre le second opérande (3 pingouins)
à côté de la boîte de l'expérimentateur



On ajoute le second opérande dans la boîte
de l'expérimentateur



On demande à l'enfant de mettre dans sa
boîte "pareil de pingouins" que dans la boîte
de l'expérimentateur

Figure22 : Illustrations de l'opération 1+3



On montre le premier opérande (3 pingouins)
dans la boîte de l'expérimentateur



On ferme la boîte de l'expérimentateur



On retire le second opérande (2 pingouins)
de la boîte de l'expérimentateur



On montre le second opérande (2 pingouins)
à côté de la boîte de l'expérimentateur



On demande à l'enfant de mettre dans sa
boîte "pareil de pingouins" que dans la boîte
de l'expérimentateur

Figure23 : Illustrations de l'opération 3-2

ANNEXE VII : FEUILLES DE PASSATION DU TEST

| Grille de passation | | |
|---|--|--------------------------|
| Nom de l'enfant : | | |
| Prénom : | | |
| Sexe de l'enfant : <input type="checkbox"/> Masculin <input type="checkbox"/> Féminin | | |
| Date de naissance : | | |
| Date de l'expérimentation : | | |
| Age au moment de l'expérimentation : | | |
| Scolarisation / Classe : | | |
| Enfant entendant ou enfant sourd : | | |
| Type et degré de surdité : | | |
| Education gestualiste ou oraliste : | | |
| Opérations | Réponse de l'enfant (nombre de pingouins placés dans la boîte) | Observations - Remarques |
| 1+1 (exemple) | | |
| 1+2 (exemple) | | |
| 2-1 (exemple) | | |
| 3-1 (exemple) | | |

| | | |
|-------------|--|--|
| 1+3 | | |
| 3-2 | | |
| 2+2 | | |
| 1+4 | | |
| 4-1 | | |
| 5-1 | | |
| 4+3 | | |
| 6-3 | | |
| 2+6 | | |
| 7-2 | | |
| 5+5 | | |
| 7-4 | | |
| Pause (BMP) | | |

| | | |
|-----------|--|--|
| 4+1 | | |
| 5-3 | | |
| 3+2 | | |
| 4-3 | | |
| 3+1 | | |
| 4-2 | | |
| 6+1 | | |
| 7-3 | | |
| 7+2 | | |
| 6-5 | | |
| 7-6 | | |
| 3+4 | | |
| Fin (BMP) | | |

Figure24 : Feuilles de passation du protocole

ANNEXE VIII : TABLEAUX DES RESULTATS

1. Tableaux d'appariements des enfants

| ENFANTS SOURDS ORALISTES (SO) | | | | ENFANTS NORMO-ENTENDANTS (NE) | | | |
|-------------------------------|-----|------|----|-------------------------------|-----|------|----|
| Enfants | Age | Sexe | QD | Enfants | Age | Sexe | QD |
| A | 42 | M | 86 | A' | 43 | M | 91 |
| B | 46 | M | 97 | B' | 47 | M | 96 |
| C | 47 | M | 83 | C' | 48 | M | 81 |
| D | 53 | M | 72 | D' | 54 | M | 72 |
| E | 55 | F | 85 | E' | 56 | M | 91 |
| F | 58 | M | 76 | F' | 57 | M | 88 |
| G | 59 | M | 85 | G' | 59 | F | 90 |
| H | 69 | M | 86 | H' | 68 | M | 87 |
| I | 71 | F | 93 | I' | 71 | F | 87 |
| J | 71 | F | 93 | J' | 71 | F | 87 |

Tableau4 : Age (en mois), sexe et quotient de développement (QD) des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants appariés

| ENFANTS SOURDS SIGNANTS (SS) | | | | ENFANTS NORMO-ENTENDANTS (NE) | | | |
|------------------------------|-----|------|-----|-------------------------------|-----|------|-----|
| Enfants | Age | Sexe | QD | Enfants | Age | Sexe | QD |
| K | 50 | M | 102 | K' | 50 | M | 108 |
| L | 50 | M | 118 | L' | 49 | M | 120 |
| M | 55 | F | 87 | M' | 54 | F | 115 |
| N | 56 | F | 100 | N' | 57 | F | 100 |
| O | 67 | M | 85 | O' | 67 | M | 97 |
| P | 70 | M | 93 | P' | 69 | F | 96 |
| Q | 70 | M | 90 | Q' | 69 | F | 96 |
| R | 71 | M | 93 | R' | 71 | F | 87 |

Tableau5 : Age (en mois), sexe et quotient de développement (QD) des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants appariés

2. Tableaux des performances³

| | | PA | PA | PA | PS1 | PS2 | PS3 | GA1 | GA2 | GA3 | GS1 | GS2 | GS3 |
|----|----|-----------|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1+3 | 2+2 | 1+4 | 3-2 | 4-1 | 5-1 | 4+3 | 2+6 | 5+5 | 6-3 | 7-2 | 7-4 |
| A | SO | 0 (échec) | 0 | 0 | 0 | 1 (réussite) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| B | SO | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C | SO | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D | SO | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| E | SO | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F | SO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| G | SO | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H | SO | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| I | SO | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| J | SO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| A' | NE | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| B' | NE | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| C' | NE | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D' | NE | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E' | NE | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| F' | NE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| G' | NE | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| H' | NE | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I' | NE | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| J' | NE | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tableau6 : Performances des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants appariés

| | | PA1 | PA2 | PA3 | PS1 | PS2 | PS3 | GA1 | GA2 | GA3 | GS1 | GS2 | GS3 |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| K | SS | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| L | SS | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| M | SS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| N | SS | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O | SS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P | SS | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Q | SS | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R | SS | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| K' | NE | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| L' | NE | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| M' | NE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N' | NE | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| O' | NE | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| P' | NE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Q' | NE | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| R' | NE | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tableau7 : Performances des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants appariés

³Légende PA : Petite Addition / PS : Petite Soustraction / GA : Grande Addition / GS : Grande Soustraction

3. Tableaux des erreurs⁴

3.1. Erreurs des enfants sourds oralistes et normo-entendants

| | | PA1 | PA2 | PA3 | PS1 | PS2 | PS3 | GA1 | GA2 | GA3 | GS1 | GS2 | GS3 |
|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | 1+3 | 2+2 | 1+4 | 3-2 | 4-1 | 5-1 | 4+3 | 2+6 | 5+5 | 6-3 | 7-2 | 7-4 |
| A | SO | 0m | 0m | 0+(2) | 0+(1) | | 0+(2) | 0-(4) | 0+(4) | 0-(8) | 0+(1) | 0+(2) | |
| B | SO | 0+(1) | | 0+(1) | 0-(4) | 0-(3) | 0-(8) | 0-(4) | 0+(7) | 0+(5) | | 0+(4) | |
| C | SO | | 0+(1) | 0+(3) | 0-(4) | 0-(9) | 0-(6) | 0+(10) | 0+(8) | 0+(5) | 0-(19) | 0-(15) | 0-(19) |
| D | SO | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | 0m | 0-(4) | 0+(3) | 0+(2) | | 0+(3) | 0+(2) |
| E | SO | 0+(2) | 0m | 0+(2) | 0+(1) | | | 0+(2) | 0+(1) | 0+(1) | 0m | 0-(6) | 0-(9) |
| F | SO | 0m | 0+(1) | 0m | 0m | 0+(1) | 0+(3) | 0m | 0-(4) | 0+(3) | 0-(12) | 0-(6) | 0+(2) |
| G | SO | | | 0+(1) | 0+(1) | 0m | | 0m | 0+(2) | 0+(4) | 0+(2) | 0+(1) | 0-(8) |
| H | SO | 0+(1) | | 0m | 0m | 0+(1) | 0+(1) | | 0+(2) | 0+(2) | 0-(5) | | |
| I | SO | | | | | 0m | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(4) | | 0+(1) | |
| J | SO | | | | 0m | 0+(1) | 0+(2) | 0+(3) | | 0+(2) | 0+(1) | 0m | 0+(1) |
| A' | NE | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | 0m | | | 0m | | | | 0-(15) | 0+(1) |
| B' | NE | | | 0+(2) | 0-(4) | 0+(2) | 0+(3) | | 0+(2) | 0-(6) | 0-(4) | | |
| C' | NE | 0+(2) | | 0+(1) | 0m | 0-(4) | | 0+(3) | 0-(7) | 0+(5) | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) |
| D' | NE | | 0+(1) | | 0m | 0-(5) | 0-(3) | 0+(1) | 0+(9) | 0+(5) | 0-(14) | 0-(15) | 0-(19) |
| E' | NE | | 0+(1) | 0+(1) | | 0+(1) | | 0+(1) | | 0m | | 0m | 0+(1) |
| F' | NE | | | | | | 0m | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | | 0+(1) | 0+(1) |
| G' | NE | 0+(1) | | 0+(1) | | 0m | | 0+(2) | | 0+(4) | 0+(1) | | 0+(2) |
| H' | NE | | 0+(1) | 0+(1) | | 0-(2) | 0m | | | 0+(1) | 0-(5) | 0-(3) | 0+(1) |
| I' | NE | | | 0+(1) | | | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) |
| J' | NE | | | 0+(1) | | | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) |

Tableau8 : Erreurs des enfants sourds oralistes et normo-entendants

| | NORMO-ENTENDANTS | | | | | SOURDS ORALISTES | | | | |
|-----------|------------------|-----|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|----|-------|
| | Total | PA | GA | PS | GS | Total | PA | GA | PS | GS |
| % Erreurs | 63,33 | 50 | 76,67 | 46,67 | 80 | 76,67 | 60 | 93,33 | 80 | 73,33 |
| % 0+ | 69,74 | 100 | 82,61 | 21,43 | 66,67 | 60,87 | 66,67 | 75 | 50 | 50 |
| % 0- | 18,42 | 0 | 8,70 | 35,71 | 29,17 | 21,74 | 0 | 17,86 | 25 | 40,91 |
| % 0m | 11,84 | 0 | 8,70 | 42,86 | 4,17 | 17,39 | 33,33 | 7,14 | 25 | 9,09 |

Tableau9 : Pourcentage d'erreurs total, selon le type d'erreur et le type d'opération des normo-entendants et sourds oralistes

⁴ Légende : 0m : erreur de maintien du premier opérande / 0+ : erreur respectant le sens de la transformation / 0- : erreur ne respectant pas le sens de la transformation / (x) : écart à la réponse correcte

| | NORMO-ENTENDANTS | | | | | SOURDS ORALISTES | | | | |
|-------------|------------------|------|------|------|-------|------------------|------|------|------|------|
| | Total | PA | GA | PS | GS | Total | PA | GA | PS | GS |
| Distance 0+ | 1,64 | 1,15 | 2,36 | 1,50 | 1,17 | 2,23 | 1,33 | 3,54 | 1,33 | 1,73 |
| Distance 0- | 7,57 | / | 4,33 | 3,56 | 12,56 | 7,85 | / | 5,33 | 5,67 | 11 |

Tableau10 : Distance selon le type d'erreur et le type d'opération des normo-entendants et sourds oralistes

3.2. Erreurs des enfants sourds signants et normo-entendants

| | | PA1 | PA2 | PA3 | PS1 | PS2 | PS3 | GA1 | GA2 | GA3 | GS1 | GS2 | GS3 |
|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1+3 | 2+2 | 1+4 | 3-2 | 4-1 | 5-1 | 4+3 | 2+6 | 5+5 | 6-3 | 7-2 | 7-4 |
| K | SS | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) | | 0-(4) | 0+(1) | 0+(1) | | | | 0-(4) | 0+(3) |
| L | SS | | | 0+(1) | | | | 0m | 0+(2) | 0+(4) | | 0+(2) | |
| M | SS | | | | | | | 0+(-1) | 0+(2) | 0-(7) | 0m | 0m | 0+(2) |
| N | SS | 0+(1) | | | | 0m | 0-(2) | 0m | | 0+(3) | 0+(1) | 0m | 0-(5) |
| O | SS | | | | | | | 0+(1) | | 0+(1) | 0m | 0-(4) | 0-(1) |
| P | SS | | | | | 0+(1) | | 0+(1) | 0+(2) | 0+(1) | | | 0+(1) |
| Q | SS | | | | 0m | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) | 0+(2) | 0m | 0-(6) | | |
| R | SS | 0+(1) | | | 0+(1) | | | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | | 0+(1) |
| K' | NE | 0+(2) | 0+(1) | | | 0-(4) | 0+(2) | | 0+(1) | 0+(3) | | 0m | 0+(3) |
| L' | NE | | | 0+(1) | | | 0m | | 0+(2) | 0+(3) | | | 0+(2) |
| M' | NE | | | | | | 0+(1) | 0-(1) | 0+(2) | 0+(2) | 0+(1) | 0+(1) | 0m |
| N' | NE | | 0+(1) | 0+(1) | | | | 0+(2) | 0+(3) | 0m | | | 0+(1) |
| O' | NE | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | | | 0+(1) | 0m | 0+(1) | 0m | 0+(1) | | |
| P' | NE | | | | | | | 0+(1) | 0+(3) | 0+(3) | 0+(2) | 0+(1) | |
| Q' | NE | | | | 0+(1) | | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(1) | | | |
| R' | NE | | | 0+(1) | | | | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) | 0+(1) | 0+(1) | 0+(2) |

Tableau11 : Erreurs des enfants sourds signants et normo-entendants

| | NORMO-ENTENDANTS | | | | | SOURDS SIGNANTS | | | | |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----|-------|-------|-------|
| | Total | PA | GA | PS | GS | Total | PA | GA | PS | GS |
| % Erreurs | 52,08 | 37,50 | 91,67 | 25 | 54,17 | 52,08 | 25 | 79,17 | 37,50 | 66,67 |
| % 0+ | 84 | 100 | 81,82 | 66,67 | 84,62 | 66 | 100 | 78,95 | 55,56 | 66,75 |
| % 0- | 4 | 0 | 4,55 | 16,67 | 0 | 16 | 0 | 5,26 | 22,22 | 31,25 |
| % 0m | 12 | 0 | 13,64 | 16,67 | 15,38 | 18 | 0 | 15,79 | 22,22 | 25,00 |

Tableau12 : Pourcentage d'erreurs total, selon le type d'erreur et le type d'opération des normo-entendants et sourds signants

| | NORMO-ENTENDANTS | | | | | SOURDS SIGNANTS | | | | |
|-------------|------------------|------|------|------|------|-----------------|------|------|----|------|
| | Total | PA | GA | PS | GS | Total | PA | GA | PS | GS |
| Distance 0+ | 1,52 | 1,17 | 1,78 | 1,17 | 1,42 | 1,45 | 1,17 | 1,67 | 1 | 1,58 |
| Distance 0- | 2,50 | | 1 | 4 | | 4,13 | | 7 | 3 | 4,33 |

Tableau13 : Distance selon le type d'erreur et le type d'opération des normo-entendants et sourds signants

4. Tableaux des stratégies⁵

4.1. Stratégies des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants

| | | PA1 | PA2 | PA3 | PS1 | PS2 | PS3 | GA1 | GA2 | GA3 | GS1 | GS2 | GS3 |
|----|----|-----|--------|-----------|-------|---------|------|---------|-----|---------|-----|------|-------|
| | | 1+3 | 2+2 | 1+4 | 3-2 | 4-1 | 5-1 | 4+3 | 2+6 | 5+5 | 6-3 | 7-2 | 7-4 |
| A | SO | | | | | | | | | | | | |
| B | SO | | | | | | | 16 | 16 | | | | |
| C | SO | | 1 | 1 | | | | 13 | | | 1 | 1 | |
| D | SO | | | | | | | | | | | | |
| E | SO | | | | | | | | | | | | |
| F | SO | | | | | | | | | 8/9 | | | |
| G | SO | 1 | | | | | | 1 | | | | | |
| H | SO | 16 | 16 | 6/16 | 13 | 6/13/16 | 16/7 | 6/16/13 | 10 | 6/13/16 | 6 | 10 | 10/16 |
| I | SO | | | | | | | | | | | | 1 |
| J | SO | | | | | | | | | | | | |
| A' | NE | | | | | | | | 9 | | | | |
| B' | NE | 9 | 4/9/12 | | | | | | | | | | |
| C' | NE | | | | | | | | | | | | |
| D' | NE | 13 | | 7/9/12/13 | 12/13 | 1/6 | | | 1/7 | 7 | 13 | 7/12 | 6 |
| E' | NE | | | | | | | | | | | | |
| F' | NE | | | | | | | | 1 | | | | |
| G' | NE | | | | | | | | | | | | |
| H' | NE | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| I' | NE | | | | | | | | | | | | |
| J' | NE | | | | | | | | | | | | |

Tableau14 : Stratégies utilisées par les enfants sourds oralistes et normo-entendants

⁵ Légende

Numéro : types de stratégies (détaillés dans la partie « Résultats – 4.Stratégies »)

Police « gras » : stratégie aboutissant à une réponse correcte

Police « normal » : stratégie n'aboutissant pas à une réponse correcte

| | NORMO-ENTENDANTS APPARIÉS AUX SOURDS ORALISTES | | | | |
|---|--|--------|--------|---------|---------|
| | Total | PA | GA | PS | GS |
| Moyenne | 3,3 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 0,7 |
| % stratégies (réponses justes) | 42,42% | 83,33% | 37,56% | 16,66% | 0% |
| Type stratégies orales | 4-9-12 | 4-9-12 | 9 | 12 | 12 |
| % stratégies orales | 27,27 % | 50 % | 12,5% | 16,66 % | 14,29 % |
| Type stratégies gestuelles | 6-7-13 | 7-13 | 7-13 | 6-13 | 6-7-13 |
| % stratégies gestuelles | 36,36 % | 25 % | 37,5% | 33,33 % | 42,86 % |
| Type autres stratégies | 1-2 | 2 | 1-2 | 2 | 2 |
| % autres stratégies | 36,36 % | 25 % | 50 % | 33,33 % | 42,86 % |
| Stratégies utilisées le plus | 9-12 | 9-12 | 1 | aucune | aucune |
| Nombre d'enfants sans stratégies visibles | 5 | 7 | 6 | 8 | 8 |

Tableau15 : Caractéristiques des stratégies des enfants normo-entendants appariés aux enfants sourds oralistes

| | SOURDS ORALISTES | | | | |
|---|------------------|---------|---------|---------|---------|
| | Total | PA | GA | PS | GS |
| Moyenne | 3,1 | 0,7 | 1,3 | 0,6 | 0,7 |
| % stratégies (réponses justes) | 29,03% | 42,86% | 30,77% | 16,66% | 14,29% |
| Type stratégies orales | 9 | aucune | 9 | aucune | aucune |
| % stratégies orales | 3,23 % | 0 % | 7,69 % | 0 % | 0 % |
| Type stratégies gestuelles | 6-7-8-10-13 | 6 | 6-8-13 | 6-7-13 | 6-10-16 |
| % stratégies gestuelles | 48,39 % | 14,29 % | 42,15 % | 66,66 % | 57,14 % |
| Type autres stratégies | 1-16 | 1-16 | 1-16 | 16 | 1 |
| % autres stratégies | 48,39 % | 85,71 % | 38,46 % | 33,33 % | 42,86 % |
| Stratégies utilisées le plus | 1-13 | 1 | 16-13 | aucune | 1 |
| Nombre d'enfants sans stratégies visibles | 4 | 7 | 5 | 9 | 7 |

Tableau16 : Caractéristiques des stratégies des enfants sourds oralistes

4.2. Stratégies des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants

| | | PA1 | PA2 | PA3 | PS1 | PS2 | PS3 | GA1 | GA2 | GA3 | GS1 | GS2 | GS3 |
|----|----|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | | 1+3 | 2+2 | 1+4 | 3-2 | 4-1 | 5-1 | 4+3 | 2+6 | 5+5 | 6-3 | 7-2 | 7-4 |
| K | SS | 1 | | 1/4 | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| L | SS | 7/16 | 13 | 16 | 13 | 10 | 10 | 10/16 | 10 | 10/13 | | 10/13 | 13 |
| M | SS | 12/13 | 3/12 | 12/13 | 12 | | 12 | 12/13 | 12/13 | 3 | 1/13/12 | | 12/13 |
| N | SS | | | | | | | | | | | | |
| O | SS | | | | | 7 | | | 7 | | | | 6/7 |
| P | SS | 13 | 13 | 13/1 | 13 | 13/1 | 13/1 | 13/1 | 13 | 13 | 13/1 | 13/1 | 13/1 |
| Q | SS | | | 6 | | | | | 15 | | | | |
| R | SS | 1 | | | | | | | | | | | 6 |
| K' | NE | | | | | | | | | | | | 12 |
| L' | NE | | | 6 | | | 9 | 9 | | | | | |
| M' | NE | | | | | | | | | | 8/9 | 8 | |
| N' | NE | | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 |
| O' | NE | | | | | | | | 9/16 | | 9 | | |
| P' | NE | | | | | 12 | | | | | | | |
| Q' | NE | 4/12 | 4/12 | 12/1 | 12 | 12 | 4/12 | 4/12 | 4/12 | 14/4 | 1/4/12 | 4/12 | 4/12 |
| R' | NE | | | | | | | | | | | | |

Tableau17 : Stratégies utilisées par les enfants sourds signants et normo-entendants

| | NORMO-ENTENDANTS APPARIÉS AUX SOURDS SIGNANTS | | | | |
|---|---|---------|-----------|--------|--------|
| | Total | PA | GA | PS | GS |
| Moyenne | 4,8 | 0,8 | 1,1 | 1 | 1,9 |
| % stratégies (réponses justes) | 57,89 % | 83,33 % | 11,11 % | 87,5 % | 60 % |
| Type stratégies orales | 4-9-12-14 | 4-12 | 4-9-12-14 | 4-9-12 | 4-9-12 |
| % stratégies orales | 76,32 % | 83,33 % | 88,88 % | 75 % | 66,66% |
| Type stratégies gestuelles | 6-8 | 6 | Aucune | aucune | 8 |
| % stratégies gestuelles | 7,89 % | 16,66 % | 0 % | 0 % | 13,33% |
| Type autres stratégies | 1-16 | aucune | 16 | 1 | 1 |
| % autres stratégies | 15,79 % | 0 % | 11,11 % | 25 % | 20 % |
| Stratégies utilisées le plus | 9 | 12 | 9 | 12 | 9 |
| Nombre d'enfants sans stratégies visibles | 1 | 6 | 5 | 4 | 3 |

Tableau18 : Caractéristiques des stratégies des enfants normo-entendants appariés aux enfants sourds signants

| | SOURDS SIGNANTS | | | | |
|---|-----------------|---------|---------|---------|-----------|
| | Total | PA | GA | PS | GS |
| moyenne | 8,4 | 2,4 | 2,1 | 1,4 | 2,5 |
| % stratégies (réponses justes) | 46,27 % | 78,95 % | 11,76 % | 72,73 % | 30 % |
| Type stratégies orales | 3-4-12 | 3-4-12 | 3-12 | 12 | 12 |
| % stratégies orales | 16,42 % | 26,32 % | 17,65 % | 18,18 % | 10 % |
| Type stratégies gestuelles | 6-7-10-13 | 6-7-13 | 7-10-13 | 7-10-13 | 6-7-10-13 |
| % stratégies gestuelles | 55,22 % | 42,11 % | 58,82 % | 63,63 % | 55 % |
| Type autres stratégies | 1-15-16 | 1-16 | 1-15-16 | 1 | 1 |
| % autres stratégies | 28,36 % | 31,58 % | 23,53 % | 18,18 % | 35 % |
| Stratégies utilisées le plus | 1-6-7-13 | 13-1 | 13 | 13 | 13-1 |
| Nombre d'enfants sans stratégies visibles | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 |

Tableau19 : Caractéristiques des stratégies des enfants sourds signants

ANNEXE IX : MODELE DE LA MEMOIRE DE TRAVAIL

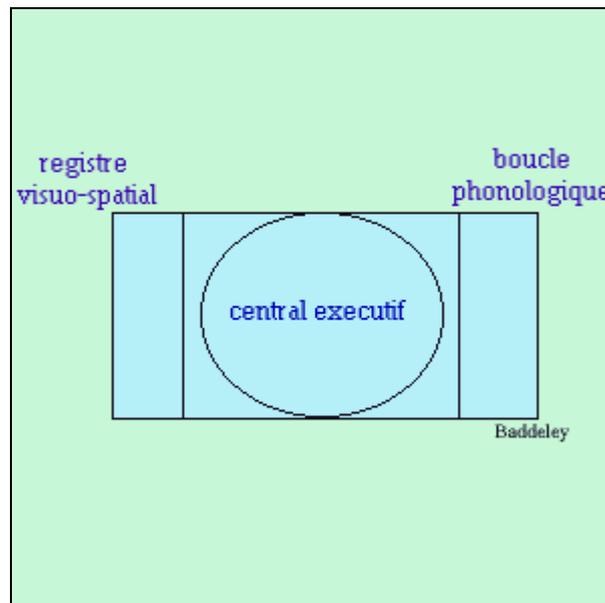


Figure25 : Modèle de Baddeley

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des Tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau1 : Nombre, âge et QD moyens des enfants normo-entendants | 32 |
| Tableau2 : Nombre, âge et QD moyens des enfants sourds oralistes et des enfants sourds signants | 36 |
| Tableau3 : Population..... | 88 |
| Tableau4 : Age (en mois), sexe et quotient de développement (QD) des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants appariés..... | 95 |
| Tableau5 : Age (en mois), sexe et quotient de développement (QD) des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants appariés..... | 95 |
| Tableau6 : Performances des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants appariés | 96 |
| Tableau7 : Performances des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants appariés..... | 96 |
| Tableau8 : Erreurs des enfants sourds oralistes et normo-entendants..... | 97 |
| Tableau9 : Pourcentage d’erreurs total, selon le type d’erreur et le type d’opération des normo-entendants et sourds oralistes..... | 97 |
| Tableau10 : Distance selon le type d’erreur et le type d’opération des normo-entendants et sourds oralistes..... | 98 |
| Tableau11 : Erreurs des enfants sourds signants et normo-entendants..... | 98 |
| Tableau12 : Pourcentage d’erreurs total, selon le type d’erreur et le type d’opération des normo-entendants et sourds signants..... | 98 |
| Tableau13 : Distance selon le type d’erreur et le type d’opération des normo-entendants et sourds signants | 98 |
| Tableau14 : Stratégies utilisées par les enfants sourds oralistes et normo-entendants | 99 |
| Tableau15 : Caractéristiques des stratégies des enfants normo-entendants appariés aux enfants sourds oralistes..... | 100 |
| Tableau16 : Caractéristiques des stratégies des enfants sourds oralistes..... | 100 |

Tableau17 : Stratégies utilisées par les enfants sourds signants et normo-entendants..... 101

Tableau18 : Caractéristiques des stratégies des enfants normo-entendants appariés aux enfants sourds signants 101

Tableau19 : Caractéristiques des stratégies des enfants sourds signants 102

2. Liste des Figures

Figure1 : Performances des enfants normo-entendants et sourds oralistes..... 44

Figure2 : Performances des enfants normo-entendants et sourds oralistes en fonction de la taille de l'opération..... 44

Figure3 : Performances des enfants normo-entendants et sourds oralistes en fonction du type d'opération..... 44

Figure4 : Performances des enfants normo-entendants et sourds signants 45

Figure5 : Performances des enfants normo-entendants et sourds signants en fonction de la taille de l'opération..... 45

Figure6 : Performances des enfants normo-entendants et sourds signants en fonction du type d'opération..... 45

Figure7 : Interaction entre le type d'opération (Addition (level 1) vs Soustraction (level 2)) et le groupe (Normo-entendants (E) vs Sourds signants (SS)) 45

Figure8 : Répartition du type d'erreurs des enfants normo-entendants et sourds oralistes..... 47

Figure9 : Répartition du type d'erreurs des enfants normo-entendants et sourds signants..... 50

Figure10 : Nombre moyen de stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds oralistes 54

Figure11 : Répartition du type de stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds oralistes 54

Figure12 : Nombre moyen de stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds signants56

Figure13 : Répartition des stratégies utilisées par les enfants normo-entendants et sourds signants 56

Figure14 : Modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000) 83

| | |
|--|-----|
| Figure15 : Schéma de l'oreille..... | 84 |
| Figure16 : Echelle des degrés de surdité..... | 84 |
| Figure17 : Un exemple d'appareillage audioprothétique..... | 85 |
| Figure18 : Schéma de l'implant cochléaire | 85 |
| Figure19 : Numération en LSF | 86 |
| Figure20 : Illustrations de l'exemple 1+1 | 90 |
| Figure21 : Illustrations de l'exemple 2-1 | 91 |
| Figure22 : Illustrations de l'opération 1+3 | 92 |
| Figure23 : Illustrations de l'opération 3-2 | 93 |
| Figure24 : Feuilles de passation du protocole | 94 |
| Figure25 : Modèle de Baddeley..... | 103 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| ORGANIGRAMMES | 2 |
| 1. Université Claude Bernard Lyon1 | 2 |
| 1.1. Secteur Santé : | 2 |
| 1.2. Secteur Sciences : | 2 |
| 2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE | 4 |
| REMERCIEMENTS | 5 |
| SOMMAIRE | 6 |
| INTRODUCTION | 8 |
| PARTIE THEORIQUE | 10 |
| I. LE MODELE DU TRIPLE CODE (DEHAENE & COHEN, 2000)..... | 11 |
| 1. La représentation analogique..... | 11 |
| 2. La représentation auditive verbale..... | 12 |
| 3. La représentation visuelle arabe | 12 |
| II. LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES D'ADDITION ET DE SOUSTRACTION CHEZ L'ENFANT NORMO-ENTENDANT | 13 |
| 1. Compétences précoces chez le bébé normo-entendant..... | 13 |
| 2. Compétences non verbales de l'enfant normo-entendant dès 3 ans | 14 |
| 3. Compétences arithmétiques développées en lien avec le langage..... | 15 |
| III. SURDITE : LANGAGE ET HABILETES ARITHMETIQUES..... | 16 |
| 1. Généralités sur la surdité | 16 |
| 1.1. Types de surdité..... | 16 |
| 1.2. Degrés de surdité | 17 |
| 1.3. Date d'acquisition de la surdité | 17 |
| 1.4. Appareillage et effet sur le développement du langage oral..... | 18 |
| 1.5. Implant cochléaire et effet sur le développement du langage oral..... | 18 |
| 2. Langage et modes de communication chez l'enfant sourd | 20 |
| 2.1. Développement du langage des enfants sourds de parents normo-entendants ou de parents sourds oralistes..... | 20 |
| 2.2. Développement du langage des enfants sourds de parents sourds signants..... | 22 |
| 3. Système de numération en Langue des Signes Française..... | 24 |
| 4. Habilités d'addition et de soustraction chez l'enfant sourd | 24 |
| PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES | 27 |
| I. PROBLEMATIQUES | 28 |
| II. HYPOTHESES | 29 |
| PARTIE EXPERIMENTALE | 30 |
| I. POPULATION | 31 |
| 1. Population d'enfants normo-entendants | 31 |
| 1.1. Critères d'inclusion | 31 |
| 1.2. Critères d'exclusion..... | 31 |
| 1.3. Enfants normo-entendants testés | 31 |
| 1.3.1. Enfants normo-entendants de 3 ans | 32 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1.3.2. | Enfants normo-entendants de 4 ans | 32 |
| 1.3.3. | Enfants normo-entendants de 5 ans | 32 |
| 1.3.4. | Tableau récapitulatif | 32 |
| 2. | Population d'enfants sourds | 33 |
| 2.1. | Critères d'inclusion | 33 |
| 2.2. | Critères d'exclusion..... | 33 |
| 2.3. | Enfants sourds testés..... | 34 |
| 2.3.1. | Enfants sourds oralistes | 35 |
| 2.3.2. | Enfants sourds signants..... | 35 |
| 2.3.3. | Tableau récapitulatif | 36 |
| II. | PROTOCOLE EXPERIMENTAL | 36 |
| 1. | Matériel | 36 |
| 2. | Situation | 36 |
| 3. | Variables expérimentales manipulées | 37 |
| 4. | Procédure..... | 38 |
| 4.1. | Passation du protocole..... | 38 |
| 4.2. | Déroulement des exemples..... | 39 |
| 4.2.1. | Opération 1+1 | 39 |
| 4.2.2. | Opération 2-1 | 40 |
| 4.3. | Déroulement de l'épreuve | 40 |
| 4.3.1. | Opération 1+3 | 40 |
| 4.3.2. | Opération 3-2..... | 40 |
| 4.4. | BMP (Borel-Maisonny Petit) : test de niveau mental non verbal | 41 |
| | PRESENTATION DES RESULTATS..... | 42 |
| I. | CONSTITUTION DES GROUPES : APPARIEMENT DES ENFANTS EN AGE ET EN NIVEAU DE DEVELOPPEMENT | 43 |
| II. | ANALYSE DES PERFORMANCES..... | 44 |
| 1. | Comparaison des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants..... | 44 |
| 2. | Comparaison des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants | 44 |
| III. | ANALYSE DES ERREURS | 45 |
| 1. | Comparaison des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants..... | 46 |
| 1.1. | Comparaison du type d'erreurs commises sur l'ensemble des opérations..... | 47 |
| 1.2. | Comparaison du type d'erreurs commises selon le type et la taille des opérations | 47 |
| 1.3. | Comparaison de la distance moyenne à la réponse exacte..... | 49 |
| 1.4. | Comparaison des réussites associées aux erreurs allant dans le bon sens..... | 49 |
| 2. | Comparaison des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants | 50 |
| 2.1. | Comparaison du type d'erreurs commises sur l'ensemble des opérations..... | 50 |
| 2.2. | Comparaison du type d'erreurs commises selon le type et la taille des opérations | 51 |
| 2.3. | Comparaison de la distance moyenne à la réponse exacte..... | 51 |
| 2.4. | Comparaison des réussites associées aux erreurs allant dans le bon sens..... | 52 |
| IV. | ANALYSE DES STRATEGIES | 53 |
| 1. | Comparaison des stratégies des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants..... | 54 |
| 1.1. | Sur l'ensemble des opérations | 54 |
| 1.2. | Par type et taille d'opération..... | 55 |
| 2. | Comparaison des stratégies des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants | 56 |
| 2.1. | Sur l'ensemble des opérations | 56 |
| 2.2. | Par type et taille d'opération..... | 57 |
| | DISCUSSION DES RESULTATS..... | 59 |
| I. | INTERPRETATION DES RESULTATS | 60 |

| | | |
|------|--|------------|
| 1. | Discussion de la première hypothèse | 60 |
| 2. | Discussion de la deuxième hypothèse | 62 |
| 3. | Discussion de la troisième hypothèse | 64 |
| II. | LIMITES DE L'EXPERIMENTATION | 65 |
| 1. | Limites de la population | 65 |
| 1.1. | Nombre restreint d'enfants | 65 |
| 1.2. | Niveau de langage des enfants non contrôlé..... | 65 |
| 1.3. | Test BMP pour des enfants de 2 à 5 ans et demi | 66 |
| 2. | Limites du protocole..... | 66 |
| 2.1. | Conditions d'expérimentation | 66 |
| 2.2. | Rôle de l'attention : un protocole trop long..... | 67 |
| 2.3. | Rôle de la mémoire de travail..... | 67 |
| 2.4. | Présentations spatiale et séquentielle des opérands | 70 |
| III. | INTERETS DE NOTRE ETUDE POUR L'ORTHOphonie | 72 |
| | CONCLUSION..... | 75 |
| | BIBLIOGRAPHIE..... | 77 |
| | ANNEXES | 82 |
| | ANNEXE I : MODELE DU TRIPLE CODE..... | 83 |
| | ANNEXE II : ILLUSTRATIONS DE LA SURDITE..... | 84 |
| 1. | Schéma de l'oreille..... | 84 |
| 2. | Echelle des degrés de surdité..... | 84 |
| 3. | Illustration d'un appareillage..... | 85 |
| 4. | Schéma d'un implant cochléaire | 85 |
| | ANNEXE III : NUMERATION EN LSF..... | 86 |
| | ANNEXE IV : TABLEAU DE LA POPULATION | 87 |
| | ANNEXE V : PRE-TESTS ET ELABORATION DU PROTOCOLE | 89 |
| | ANNEXE VI : ILLUSTRATIONS DU PROTOCOLE | 90 |
| | ANNEXE VII : FEUILLES DE PASSATION DU TEST | 94 |
| | ANNEXE VIII : TABLEAUX DES RESULTATS | 95 |
| 1. | Tableaux d'appariements des enfants..... | 95 |
| 2. | Tableaux des performances | 96 |
| 3. | Tableaux des erreurs..... | 97 |
| 3.1. | Erreurs des enfants sourds oralistes et normo-entendants | 97 |
| 3.2. | Erreurs des enfants sourds signants et normo-entendants..... | 98 |
| 4. | Tableaux des stratégies..... | 99 |
| 4.1. | Stratégies des enfants sourds oralistes et des enfants normo-entendants..... | 99 |
| 4.2. | Stratégies des enfants sourds signants et des enfants normo-entendants..... | 101 |
| | ANNEXE IX : MODELE DE LA MEMOIRE DE TRAVAIL..... | 103 |
| | TABLE DES ILLUSTRATIONS..... | 104 |
| 1. | LISTE DES TABLEAUX | 104 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 2. LISTE DES FIGURES | 105 |
| TABLE DES MATIERES | 107 |

Claire-Lise KERVÉVAN et Anne LAFAY

LA RESOLUTION NON VERBALE DE SITUATIONS ADDITIVES ET SOUSTRACTIVES ENTRE 3 ET 5 ANS : Comparaisons des performances d'enfants normo-entendants, sourds oralistes et sourds signants

110 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2008

RESUME

Le modèle du Triple Code (Dehaene & Cohen, 2000) postule que tout enfant possède une représentation analogique permettant de traiter précisément les petites quantités, alors que le traitement précis des quantités supérieures à trois ou quatre dépend de la représentation verbale, et donc du langage. Les enfants sourds et normo-entendants ont-ils les mêmes capacités à traiter les petites quantités ? S'agit-il du langage oral précisément ou tous les systèmes symboliques permettent-ils un traitement précis des grandes quantités ? Nous avons comparé les performances d'enfants normo-entendants à celles, d'une part, de sourds oralistes maîtrisant moins bien le langage oral et, d'autre part, de sourds signants maîtrisant la Langue des Signes Française (LSF), système symbolique gestuel. Nous supposons d'une part que tous les enfants seraient capables de traiter les petites quantités, et d'autre part que la maîtrise d'un système symbolique autoriserait le traitement des représentations numériques précises nécessaires au traitement des plus grandes quantités. Nous avons proposé à des enfants de 3, 4 et 5 ans – normo-entendants, sourds oralistes et sourds signants – une tâche non verbale de résolution d'additions et de soustractions. Les résultats montrent que les enfants sourds oralistes ont des performances inférieures aux enfants normo-entendants ; en revanche, les enfants sourds signants obtiennent des performances sensiblement identiques à celles des normo-entendants. Cela suggère que les enfants sourds oralistes, ayant un retard de langage, ont des difficultés à traiter précisément les quantités. En revanche, les performances des sourds signants suggèrent qu'un système symbolique non verbal mais comportant un code discret des représentations numériques permet de traiter les quantités de manière précise. Cela amène à évoquer l'importance du geste et des représentations digitales dans l'installation et l'utilisation des représentations numériques précises, tant au niveau de l'apprentissage que de la rééducation, cela d'autant plus avec des enfants présentant des difficultés de langage.

MOTS-CLES

Additions – soustractions – surdité – langage oral – Langue des Signes Française

MEMBRES DU JURY

Emmanuelle METRAL

Pascale OLLAGNON

Christine TIRABOSCHI-CHOSSON

MAITRE DE MEMOIRE

Michel FAYOL

DATE DE SOUTENANCE

3 juillet 2008
