



*Département d'Orthophonie  
Gabriel DECROIX*

# **MEMOIRE**

En vue de l'obtention du  
Certificat de Capacité d'Orthophonie  
présenté par :

**Myriam PIVERT**

soutenu publiquement en juin 2018 :

**Évaluation des compétences numériques chez des  
enfants déficients auditifs du CP au CM2.  
Le cas des enfants en inclusion collective ou en  
école spécialisée.**

MEMOIRE dirigé par :

**Sandrine MEJIAS**, Maître de conférence, Université de Lille, Lille

Lille – 2018

---

## Remerciements

Je remercie mon maître de mémoire pour ses conseils et sa disponibilité, ainsi que mes lecteurs pour avoir accepté de relire et de critiquer ce travail.

Je tiens tout particulièrement à remercier les enfants qui ont participé à cette étude et leurs parents.

Je remercie aussi le directeur du centre d'éducation pour jeunes sourds de la région Nord qui m'a autorisée à recruter des enfants au sein de son établissement. Rien n'aurait été possible sans l'investissement, la disponibilité et les conseils des orthophonistes de cet établissement : un grand merci à elles. Je remercie aussi les enseignants qui ont facilité la réalisation de mes passations.

Enfin, merci à toutes les personnes, parents et amis, qui ont participé par leur soutien et leurs encouragements à la réalisation de ce mémoire.

---

## **Résumé :**

Nous avons étudié les performances numériques (comptage, transcodage, calcul et estimation) chez des sujets, avec une déficience auditive, scolarisés à l'école primaire en inclusion collective et en école spécialisée. Notre échantillon se composait de 13 enfants avec des déficiences auditives moyennes à cophotiques. Ils étaient appariés avec deux groupes contrôles sur base de leur âge chronologique pour le groupe contrôle-âge et, de leur niveau scolaire pour le groupe contrôle-classe. Nous avons étudié les performances des sujets scolarisés en inclusion collective puis, celles de l'ensemble de notre échantillon. Nous n'avons trouvé aucune différence entre les performances numériques des sujets scolarisés en inclusion collective et celles de leurs contrôles-âge. Les performances en calcul des sujets déficients auditifs et des contrôles-classe étaient corrélées à leurs performances en comptage. En prenant en compte les sujets scolarisés en école spécialisée, on a trouvé une différence significative dans la tâche de soustraction entre les sujets déficients auditifs et les contrôles-âge. On n'a pas observé de différence avec les contrôles-classe. Enfin, la précision de l'estimation n'était pas corrélée aux performances en calcul pour les sujets déficients auditifs et les contrôles-classe mais elle l'était pour les contrôles-âge. Cette étude a mis en évidence l'absence de retard dans les compétences numériques de base chez des enfants déficients auditifs de niveau scolaire primaire en inclusion collective.

## **Mots-clés :**

Surdité, cognition mathématique, enfant, inclusion collective,  cole spécialisée

---

**Abstract :**

The study examined the numerical abilities (counting, writing and reading numerals, calculation and estimation) of deaf children attending either regular primary schools or special need-schools. In this present study we included 13 deaf children with moderate to profound hearing losses. We paired them with two groups of children. One group of same age children and one group of same school level children. First of all, we focused on the achievement of children in regular primary schools and then we took into account our entire sample. Findings from this study suggest that there was no delay between deaf children in regular schools and their same age hearing counterparts. There was a relationship between deaf children's counting mastery and their calculation achievement. We found the same link for their school level hearing peers. Taking into account our entire sample, there was a significant difference in subtraction between deaf children and their same age control group. However, there was no difference compared to the same school level control group. Finally, there was no relationship between the accuracy in the estimation tasks and the achievement in calculation neither for the deaf children or their same school level peers. Nevertheless, this relationship existed for the same age control group. The study is one of the first which didn't find any delay in numerical achievement of deaf children attending regular primary school.

**Keywords :**

Deafness, mathematical cognition, children, regular primary school, school for deaf

---

# Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</b>	<b>2</b>
1. Quelques définitions.....	2
1.1. Les types de surdité.....	2
1.2. Les conditions de scolarisation.....	2
2. Les performances en comptage.....	3
3. Les performances en transcodage.....	3
3.1. La lecture de nombres.....	3
3.2. L'écriture de nombres.....	4
4. Les compétences en calcul exact.....	4
4.1. Les performances en calcul.....	4
4.2. Corrélation entre performances en calcul et compétences en comptage et en estimation.....	5
5. Les compétences en estimation.....	5
5.1. Les compétences en estimation de numérosités non-symboliques.....	5
5.2. La précision des correspondances entre les numérosités non-symboliques et symboliques.....	6
6. Données complémentaires.....	6
6.1. Evolution des performances en mathématiques avec l'âge.....	6
6.2. Influence du degré de surdité sur les performances en mathématiques.....	6
7. Buts et hypothèses.....	7
<b>Méthode.....</b>	<b>8</b>
1. Participants.....	8
1.1. Caractéristiques de tous les participants.....	8
1.2. Caractéristiques des participants déficients auditifs en inclusion collective et de leurs groupes contrôles.....	9
2. Procédure pour les sujets déficients auditifs.....	9
3. Tâches et matériel.....	9
3.1. Comptage.....	9
3.2. Transcodage.....	9
3.3. Calcul.....	10
3.4. Estimation.....	10
4. Test statistiques utilisés.....	11
<b>Résultats.....</b>	<b>11</b>
1. Les performances relatives aux codes symboliques et au calcul des sujets scolarisés en inclusion collective.....	11
2. Les performances en estimation et en calcul du CP au CM2.....	14
3. Evolution des performances en calcul en fonction du niveau scolaire.....	18
4. Influence du degré de surdité sur les performances en comptage et en calcul.....	20
<b>Discussion.....</b>	<b>20</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>25</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>27</b>
Annexe 1 : Courrier à destination du directeur du centre d'éducation pour jeunes sourds d'Arras lui proposant de collaborer à l'étude.....	30
Annexe 2 : Lettre de présentation de l'étude à destination des parents d'enfant déficient auditif et autorisation parentale.....	33
Annexe 3 : Caractéristiques des sujets déficients auditifs.....	36

# Introduction

La grande majorité des études qui traitent des performances en mathématiques des sujets présentant une déficience auditive montrent qu'ils ont des résultats significativement inférieurs à ceux de leurs pairs entendants et ce, dès la maternelle (Roux, 2014). Cet écart s'accroîtrait au cours de la scolarité et perdurerait à l'âge adulte (Gottardis, Nunes & Lunt, 2011). On retrouve cette différence de compétences en mathématiques entre sujets déficients auditifs et sujets entendants dans tous les pays (Roux, 2014). Il est à noter que la plupart des études sont anglo-saxonnes et antérieures à 2010. De plus, leur échantillon est le plus souvent composé de sujets déficients auditifs scolarisés en enseignement spécialisé. Brisset, Mussolin et Leybaert, (2017) ont étudié les performances en mathématiques de sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion individuelle dans des écoles de quartier avec des élèves entendants et n'ont pas retrouvé ces résultats. A ce jour, il n'y a pas d'étude récente réalisée sur le territoire français qui évalue les performances en mathématiques des sujets déficients auditifs d'âge primaire scolarisés en inclusion collective ou école spécialisée.

Pour traiter le nombre, nous disposons de deux types de systèmes : un inné et l'autre culturellement appris. Nous avons tous la capacité d'estimer approximativement des quantités (choix de la corbeille où il y a le plus de fruits, ou du chemin le plus court) grâce à notre système numérique approximatif (SNA). Cette compétence est innée et correspond à notre sens du nombre (Dehaene, 2010). Nous disposons de deux autres systèmes culturellement appris qui nous permettent d'avoir une représentation précise des quantités : le système des nombres verbaux et celui des nombres arabes. Le modèle du fonctionnement cognitif en mathématiques qui fait consensus actuellement est basé sur des interactions entre ces trois systèmes : c'est le triple code de Dehaene (Dehaene, 1992). Le SNA permet d'appréhender le nombre présenté de manière non-symbolique (quantité dénombrable) et les systèmes des nombres verbaux et arabes permettent de traiter les quantités symboliques.

Le but de cette étude est de comparer la maîtrise de ces différents systèmes et leurs interactions chez les sujets avec une déficience auditive scolarisés en inclusion collective et en école spécialisée. En effet, les études qui traitent des troubles de la cognition mathématique postulent un dysfonctionnement au niveau de l'intégrité du SNA ou de l'efficacité des interactions entre les systèmes symboliques et le SNA (Mejias, Mussolin, Rousselle, Gregoire & Noël, 2011 ; Rousselle et Noël, 2007). Nous avons utilisé pour cela des tâches permettant d'évaluer la maîtrise des codes symboliques, les performances en calcul et la précision de l'estimation.

D'abord nous définirons les types de surdité et de scolarisation pour les sujets déficients auditifs. Puis, nous exposerons les données de la littérature sur leurs performances en comptage, en transcodage, en calcul, en estimation ainsi que les liens qui peuvent exister entre les performances en mathématiques et le niveau scolaire ou, le degré de surdité. Ensuite, nous présenterons les résultats de notre étude que nous discuterons en les confrontant à ceux de la littérature. Enfin, nous conclurons par un résumé de nos principaux résultats, une suggestion d'adaptation des modalités d'enseignement des mathématiques pour les sujets déficients auditifs et une nouvelle question qui pourrait être explorée dans de futures recherches.

# Contexte théorique, buts et hypothèses

Nous définirons d'abord les types de surdité et les différentes modalités de scolarisation. Puis, nous présenterons les données de la littérature concernant les performances des sujets déficients auditifs pour différentes tâches numériques simples (le comptage, le transcodage, le calcul et l'estimation). Ensuite, nous nous intéresserons à l'influence des degrés de surdité sur ces performances et à l'évolution des compétences en mathématiques au cours de la scolarité du sujet sourd. Enfin, nous concluons par les buts et les hypothèses de cette étude.

## 1. Quelques définitions

Afin de faciliter la compréhension du lecteur, nous définissons dans cette partie les différents types de surdité et de scolarisation.

### 1.1. Les types de surdité

Les surdités sont classées suivant cinq types définis en fonction de la perte auditive selon le BIAP (Bureau International d' Audio-Phonologie). On distingue ainsi,

- la surdité légère : perte auditive de 20 à 40 dB (parole perçue à voix normale),
- les surdités moyennes : perte auditive de 41 à 70 dB (parole perçue à voix forte),
- les surdités sévères : perte auditive de 71 à 90 dB (parole perçue à voix très forte près de l'oreille),
- les surdités profondes : perte auditive de 91 à 120 dB (parole non perçue) et,
- la surdité totale ou cophose : perte auditive de 120 dB (aucun son n'est perçu), (Renard, 2011).

### 1.2. Les conditions de scolarisation

Il existe trois modes de scolarisation pour les enfants avec une déficience auditive, c'est-à-dire,

- l'inclusion individuelle : l'enfant déficient auditif est scolarisé dans une école de quartier dans une classe d'entendants. Il peut avoir des aides humaines spécifiques comme l'intervention d'un enseignant spécialisé pour certaines matières ou d'un codeur Langue française Parlée Complétée (LPC) ou encore bénéficier d'aides techniques comme des systèmes d'amélioration de l'écoute en classe (Systèmes Haute Fréquence),
- l'inclusion collective : l'enfant déficient auditif est scolarisé dans une classe d'enfants sourds au sein d'une école de quartier. L'enseignant est spécialisé et utilise différents outils de communication notamment la langue signée ou le code LPC. Les enfants sourds sont intégrés, pour certaines matières, avec leurs pairs entendants de même niveau scolaire (ex. : activités sportives et culturelles),
- l'école spécialisée : l'enfant déficient auditif est scolarisé dans une école spécifique pour les enfants porteurs d'une déficience auditive avec des enseignants spécialisés.

## **2. Les performances en comptage**

Gottardis et collaborateurs (2011), dans leur synthèse de la littérature sur les performances en mathématiques des sujets avec une déficience auditive, indiquent que dans les tâches où intervient le comptage, cette population a des performances très inférieures à celles des sujets entendants. Ainsi, une étude auprès de sujets avec des surdités moyennes à profondes, âgés de 3.9 ans à 6.6 ans scolarisés pour la plupart dans une école spécialisée, a montré un retard de deux ans dans la maîtrise de la chaîne numérique signée (Leybaert, J. & Van Custem, M. N., 2002). Kritzer (2009) a trouvé que seuls 25 % des sujets de son étude ont réussi la tâche de comptage jusqu'à 42 en modalité orale ou signée. Cette étude a été menée auprès d'enfants avec une déficience auditive (sans précision sur leur degré de surdité), âgés de 4 à 6 ans scolarisés en maternelle spécialisée. Enfin, Brisset et collaborateurs (2017) ont montré dans une étude réalisée auprès de sujets avec des déficiences auditives sévères à profondes, d'âge moyen 8.9 ans, scolarisés en école spécialisée qu'ils présentaient un retard dans la maîtrise de leur chaîne numérique orale ou signée.

Cependant, certaines études ont indiqué des performances équivalentes entre les sujets avec une déficience auditive et leurs pairs entendants de même âge. Ainsi, Genovese, Galizia, Gubernale, Arslan et Lucangeli (2005) ont montré que des sujets avec des déficiences auditives sévères à profondes, d'âge moyen 5.2 ans, scolarisés en inclusion individuelle, avaient des compétences en comptage équivalentes à celles de leurs pairs entendants de même âge. Ce résultat est conforté dans deux autres études conduites auprès de sujets scolarisés en inclusion individuelle. L'une auprès d'enfants avec des surdités profondes, d'âge moyen 5.2 ans (Arfé et collaborateurs, 2011), l'autre auprès de sujets avec des déficiences auditives sévères à profondes, d'âge moyen 8.9 ans (Brisset et collaborateurs, 2017).

Les études réalisées auprès de sujets déficients auditifs scolarisés en école spécialisée semblent mettre en évidence un retard dans la maîtrise de la chaîne numérique, quelle que soit la langue et ce, de la maternelle à l'école primaire. Cet écart n'est pas présent dans les études conduites auprès des sujets scolarisés en inclusion individuelle. On peut donc se demander s'il existe un retard chez les sujets scolarisés en inclusion collective.

## **3. Les performances en transcodage**

Le transcodage, c'est la capacité à pouvoir passer d'un code symbolique à un autre : d'un nombre arabe écrit à son équivalent en nombre oral/signé et vice versa. Il est nécessaire de maîtriser le transcodage pour développer des compétences en arithmétique écrite (Leybaert, 2006).

### **3.1. La lecture de nombres**

Kritzer (2009) a montré dans son étude réalisée auprès d'élèves de maternelle que les tâches de lecture de nombres faisaient partie des tâches les plus difficiles pour les sujets déficients auditifs (c'est-à-dire réussies par moins de 25 % des sujets). Notons qu'il s'agissait de nombres à trois chiffres. Or Leybaert (2006) indique qu'à la fin du CP les élèves devraient pouvoir lire et écrire des nombres jusqu'à 20. La difficulté relevée par Kritzer (2009) paraît donc normale du point de vue développemental.

A l'inverse, Genovese et collaborateurs (2005) ont trouvé des performances en lecture de nombres de 1 à 9 comparables entre les sujets déficients auditifs et les entendants.

Ainsi, une étude rapporte des difficultés dans la lecture de nombres pour les sujets déficients auditifs en maternelle spécialisée quand il s'agit de nombres à trois chiffres. Et une autre conclut que cette compétence serait dans la norme pour les sujets déficients auditifs scolarisés en maternelle en inclusion individuelle quand il s'agit des nombres de 1 à 9. On peut donc se demander si on retrouve un retard chez les sujets scolarisés en inclusion collective s'agissant de la lecture de nombres adaptés à leur niveau scolaire.

### **3.2. L'écriture de nombres**

Croiseaux (2002 ; cité par Leybaert, 2006) a montré un retard de 3.5 ans en dictée de nombres signés chez des sujets déficients auditifs âgés de 8 ans à 13 ans. Cette étude n'étant pas publiée nous n'avons de donnée ni sur les types de surdité, ni sur le type de scolarisation. D'autre part, Kritzer (2009) a rapporté que la tâche d'écriture sous dictée de nombres de deux ou trois chiffres a fait partie des plus difficiles pour des sujets déficients auditifs scolarisés en maternelle spécialisée.

Cependant, Genovese et collaborateurs (2005) ont montré que les sujets déficients auditifs avaient des résultats équivalents voire supérieurs à ceux de leurs pairs entendants en dictée de nombres oraux.

Une étude met en évidence un retard en écriture de nombres signés sous dictée pour les sujets déficients auditifs d'âge primaire. Et une autre, conclut à une compétence dans la norme s'agissant de nombres oraux pour des sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion individuelle en maternelle. On peut se poser la question d'un retard en écriture de nombres chez les sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective.

## **4. Les compétences en calcul exact**

D'abord nous présenterons les données de la littérature sur les performances en calcul exact des sujets déficients auditifs puis le lien qui existerait entre ces performances et les performances en comptage et en estimation.

### **4.1. Les performances en calcul**

Selon Kritzer (2009) la résolution d'additions et de soustractions simples fait partie des tâches les plus difficiles chez les sujets déficients auditifs en maternelle spécialisée. Masataka (2005) a montré que des adultes avec une déficience auditive profonde âgés de 19 à 50 ans avaient des performances en soustraction significativement inférieures à celles de leurs pairs entendants de même âge. Une étude réalisée auprès d'étudiants déficients auditifs d'âge moyen 21.51 ans a mis en évidence des performances significativement inférieures par rapport à leurs pairs entendants de même âge pour les opérations numériques telles que les additions, les soustractions, les multiplications, les divisions de nombres décimaux... (Bull et collaborateurs, 2011).

Une étude récente contredit ces résultats. Brisset et collaborateurs (2017) ont conclu qu'il n'y avait pas de différence de performances en résolution d'additions, de soustractions et

de multiplications simples entre des sujets déficients auditifs d'âge primaire (qu'ils soient scolarisés en école spécialisée ou en inclusion individuelle) et leurs pairs entendants.

Les études s'accordent sur le fait que les performances en arithmétique des sujets déficients auditifs seraient inférieures à celles de leurs pairs entendants à l'âge adulte. Néanmoins, une étude auprès d'enfants d'âge primaire ne révèle aucune différence entre les deux groupes. On peut s'interroger sur le caractère répliquable du résultat de Brisset et collaborateurs (2017).

## **4.2. Corrélacion entre performances en calcul et compétences en comptage et en estimation**

La maîtrise de la chaîne numérique verbale est à la base de compétences en arithmétique plus avancées (Leybaert, 2006). D'autre part, le comptage est le premier lien entre nos capacités innées d'approximation de la numérosité et nos compétences en mathématiques plus élaborées culturellement acquises telles que les opérations arithmétiques (Butterworth, 2005). Il serait intéressant d'étudier l'existence de corrélations entre les scores en calcul et les performances en comptage et en estimation, des sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective.

## **5. Les compétences en estimation**

Des études ont mis en évidence l'importance de correspondances précises entre les systèmes numériques symboliques (systèmes de nombres arabes et verbaux) et le sens du nombre pour le développement de compétences numériques plus avancées notamment le calcul (Holloway & Ansari, 2009 ; Booth & Siegler, 2008). D'autres chercheurs ont montré que les individus qui avaient un SNA précis avaient aussi de meilleures performances en calcul (Halberda, Mazocco & Feigenson, 2008). Dans cette partie nous présenterons les données sur les compétences approximatives des sujets déficients auditifs lorsqu'il s'agit d'estimation avec des stimuli d'entrée et de sortie non-symboliques et lorsqu'il s'agit de stimuli de types différents en entrée et en sortie.

### **5.1. Les compétences en estimation de numérosités non-symboliques**

Zarfaty, Nunes et Bryant (2004) ont montré dans une étude menée auprès d'enfants avec des déficiences auditives moyennes à profondes, d'âge moyen 3.3 ans fréquentant des crèches de quartier, qu'ils avaient des compétences comparables à celles de leurs pairs entendants de même âge s'agissant de l'estimation de collections de 2 à 4 éléments. Dans d'autres études, des chercheurs ont retrouvé des résultats similaires pour des collections de 1 à 9 éléments auprès d'enfants scolarisés en inclusion individuelle, avec des déficiences auditives profondes, d'âge moyen 5.2 ans (Arfé et collaborateurs, 2011) et, avec des déficiences auditives moyennes à profondes d'âge moyen 8.8 ans (Rodriguez-Santos, Calleja, Garcia-Orza, Iza & Damas, 2014). La conclusion était identique dans une étude réalisée avec des adultes ayant des déficiences auditives profondes âgés de 19 à 50 ans pour des collections de 9 à 63 éléments (Masataka, 2006).

Cependant Genovese et collaborateurs (2015), utilisant une tâche similaire, sans précision sur la taille des stimuli, ont montré des performances très inférieures des sujets avec

des déficiences auditives sévères à profondes, d'âge moyen 5.2 ans scolarisés en inclusion individuelle par rapport à leurs pairs entendants de même âge.

Hormis une étude, la plupart ont montré un sens du nombre préservé chez les sujets déficients auditifs. Il serait intéressant de vérifier l'intégrité du sens du nombre des enfants sourds scolarisés en inclusion collective et en école spécialisée.

## **5.2. La précision des correspondances entre les numérosités non-symboliques et symboliques**

Brisset et collaborateurs (2017) ont montré qu'il n'y avait pas de différence entre les sujets déficients auditifs et leurs pairs entendants de même âge s'agissant d'estimer en nombres arabes des collections de points. Il faut noter que les auteurs ne précisent pas la taille des stimuli. Il s'agissait d'une étude menée auprès de sujets avec des déficiences auditives sévères à profondes, d'âge moyen 8.9 ans, scolarisés en inclusion individuelle ou en école spécialisée. On a retrouvé des résultats similaires auprès d'adultes avec des déficiences auditives sévères à cophotiques âgés de 18 à 27 ans pour des collections de 1 à 6 éléments (Bull, Blatto-Valle & Fabich, 2006).

La précision des correspondances entre les numérosités non-symboliques et les nombres arabes serait équivalente entre les sujets déficients auditifs et leurs pairs entendants selon ces deux études. Il serait intéressant de vérifier que nous retrouvons ce résultat auprès des sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective et en école spécialisée.

## **6. Données complémentaires**

Dans cette partie nous traiterons de l'évolution selon le niveau scolaire des performances en mathématiques chez les sujets déficients auditifs ainsi que de l'influence du degré de surdité sur ces performances.

### **6.1. Evolution des performances en mathématiques avec l'âge**

Selon Gottardis et collaborateurs (2011) dans les premières années de scolarité les sujets déficients auditifs ont environ un an de retard dans leurs performances en mathématiques par rapport à leurs pairs entendants de même âge, en fin de scolarité (vers 16 ans) ce retard serait de trois ans. Il serait intéressant de comparer l'évolution des performances en calcul des sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective ou en école spécialisée à celles de leurs pairs entendants.

### **6.2. Influence du degré de surdité sur les performances en mathématiques**

Les données sont contradictoires, certaines études ne trouvent pas de corrélation entre le degré de surdité et les performances en mathématiques à l'inverse de certaines autres (Gottardis et collaborateurs 2011). Les auteurs de cette synthèse de la littérature sur les performances en mathématiques des sujets avec une déficience auditive, ont conclu que le

degré de perte auditive est significativement mais faiblement corrélé aux performances en mathématiques. Les sujets avec une déficience auditive légère ont un retard en mathématiques moins important que les sujets porteurs de surdités plus sévères. On peut se demander si on retrouvera cette corrélation pour les sujets scolarisés en inclusion collective et en école spécialisée.

## **7. Buts et hypothèses**

Les données de la littérature divergent. Les conclusions des études récentes réalisées auprès de sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion individuelle viennent contredire la plupart des résultats antérieurs. En France, peu d'études ont été menées auprès d'enfants déficients auditifs d'âge primaire (de 6 ans à 11 ans), et nous disposons de peu de données récentes relatives aux performances en mathématiques pour ces élèves scolarisés en inclusion collective et en école spécialisée. Le but de cette étude est de faire le point sur certaines compétences numériques de base chez les sujets déficients auditifs d'âge primaire scolarisés en inclusion collective et en école spécialisée. Pour ce faire nous les comparerons à des contrôles-âge mais aussi à des contrôles-classe. En effet, selon Leybaert et Van Custem (2002), les sujets déficients auditifs sont souvent dans des niveaux scolaires inférieurs à ceux de leurs pairs entendants de même âge. Une comparaison avec le groupe contrôle-classe nous permettra d'identifier, en cas de retard par rapport aux contrôles-âge, si ces difficultés persistent à niveau scolaire égal. Nous postulons que les sujets scolarisés en inclusion collective auront des performances comparables à celles des sujets scolarisés en école spécialisée car, comme eux, ils sont dans des classes de sourds avec un petit effectif et, ils reçoivent un enseignement adapté par un professeur spécialisé. Nous exposons ci-après nos hypothèses par rapport aux sujets entendants.

Concernant le comptage, comme toutes les études avec des sujets scolarisés en école spécialisée ont mis en évidence un retard dans la maîtrise de la chaîne numérique, nous supposons que nous retrouverons ce résultat pour notre échantillon.

Au niveau du transcodage, en se référant aux résultats dont nous disposons sur les performances des sujets scolarisés en école spécialisée nous nous attendons à trouver un retard en lecture et en écriture de nombres.

Pour ce qui est du calcul nous supposons qu'il n'y aura pas de retard conformément à l'étude de Brisset et collaborateurs (2017). De plus, nous devrions retrouver une corrélation entre le niveau de maîtrise de la chaîne numérique et les performances en calcul.

Concernant les tâches d'estimation, nous postulons en nous appuyant sur la majorité des études qu'il n'y aura pas de différence entre les deux groupes. De plus, nous nous attendons à retrouver une corrélation entre les performances dans les tâches d'estimation non symbolique et les performances en calcul en accord avec les résultats d'Halberda et collaborateurs (2008).

Enfin, en nous appuyant sur la synthèse de la littérature de Gottardis et collaborateurs (2011), nous supposons que nous retrouverons une corrélation entre les degrés de surdité et les performances en comptage et en calcul.

# Méthode

## 1. Participants

Nous avons recruté 13 enfants, dont 8 garçons, de 6.7 ans à 12.7 ans (âge moyen = 9.6 ans, écart-type = 1.67) avec des surdités moyennes à cophotiques, trois d'entre eux ne portent aucune aide auditive et cinq ont des parents sourds. Dix enfants sont scolarisés en inclusion collective du CP au CE2, et les trois autres sont en CM2 dans une école spécialisée. Tous les sujets sont suivis par la même association pour jeunes sourds et bénéficient notamment de rééducations orthophoniques au minimum hebdomadaires. Les sujets ont été recrutés par le biais de leur orthophoniste et intégrés à l'étude après que nous ayons obtenu une autorisation parentale signée. Nous avons exclu : les enfants déficients auditifs avec un retard moteur ou une déficience motrice, une déficience visuelle ou un trouble fonctionnel de la vision, un trouble envahissant du développement, un retard d'acquisition non imputable à la surdité ou une déficience intellectuelle.

Les sujets contrôles ont été sélectionnés à partir d'une base de données contenant les performances de sujets entendants sans trouble, scolarisés en Belgique et n'ayant redoublé aucune classe (Boullès & Laussel, 2016 ; Gérardy, 2016 ; Legoff, 2016 ; Lentz, 2017). Nous avons constitué deux groupes contrôles : un groupe contrôle-âge (CA) et un groupe contrôle-classe (CC). Les performances du groupe CC seront prises en compte uniquement si nous notons une différence significative entre les performances des groupes des sujets déficients auditifs (DA) et CA. Le groupe CA est composé de 23 sujets dont 10 garçons (âge moyen = 9.53 ans, écart-type = 1.73). Le groupe CC est composé de 16 sujets dont 9 garçons (âge moyen = 8.27 ans, écart-type = 1.69).

### 1.1. Caractéristiques de tous les participants

Les caractéristiques des trois groupes sont résumées dans le tableau 1. Le groupe des DA ne diffère pas des groupes contrôles pour le QI non-verbal, DA vs CA ( $t(25.24) = .22 ; p = .825$ ) et DA vs CC ( $t(16.53) = .46 ; p = .652$ ). Le QI non-verbal a été évalué avec le subtest des matrices de la WISC-IV : échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants de 6 ans à 16;11 ans (Wechsler, 2005). Nous n'observons pas de différence entre les groupes DA et CA au niveau de l'âge ( $t(25.87) = -.06 ; p = .952$ ) et comme attendu les groupes DA et CC sont différents au niveau de l'âge ( $t(25.90) = 2.06 ; p = .049$ ). Enfin, les deux groupes contrôles sont différents relativement à leur âge ( $t(33.01) = 2.26 ; p = .030$ ).

**Tableau 1 : Caractéristiques des groupes contrôle-âge (CA), contrôle-classe (CC) et déficient auditif (DA)**

	Effectif	Sexe	Age		QI non verbal	
			m	M	ET	M
Groupe CA	23	10	9.53	1.73	20.13	4.68
Groupe CC	16	9	8.27	1.69	19.12	2.25
Groupe DA	13	8	9.56	1.67	19.77	4.64

## **1.2. Caractéristiques des participants déficients auditifs en inclusion collective et de leurs groupes contrôles**

Le groupe des sujets déficients auditifs et les groupes contrôles sont équivalents au niveau du QI non-verbal puisqu'en comparant les moyennes des scores à la WISC-IV nous obtenons  $t(25.97) = 1.04 ; p = .308$  pour DA vs. CA et  $t(15.92) = .17 ; p = .870$  pour DA vs. CC. Au niveau de l'âge les groupes DA et CA sont équivalents ( $t(18.90) = -.13 ; p = .899$ ) et les groupes DA et CC sont différents comme attendu ( $t(17.61) = -2.59 ; p = .018$ ) de même que les groupes CA et CC ( $t(28.29) = 2.90 ; p = .007$ ).

## **2. Procédure pour les sujets déficients auditifs**

L'ensemble de la passation durait 1h15 décomposée pour la plupart des sujets en deux séances de 30 minutes et une de 15 minutes. Les sessions avaient lieu à la place de leurs séances de rééducation orthophonique. Tous les sujets ont commencé par la tâche de QI non-verbal et ont réalisé pour la majorité une tâche d'estimation par session. Les tâches d'estimation étaient présentées suivant un ordre différent à chaque participant sur la base d'un carré latin. Les autres tâches étaient présentées de manière aléatoire.

Nous n'avons pas évalué le niveau langagier de nos sujets déficients auditifs car il n'existe pas de test étalonné pour cette population. Le score aurait reflété uniquement leur niveau de langue orale et pas leur niveau de langage. En effet, notre échantillon est composé d'enfants qui utilisent les deux langues (français oral ou LSF) ou uniquement la langue des signes.

Les consignes étaient données à l'oral en première intention. Cependant, les orthophonistes qui assistaient aux séances ont souvent dû les traduire en langue des signes pour s'assurer de leur compréhension notamment pour les tâches d'estimation.

Les sujets pouvaient répondre en français oral ou en LSF suivant leur préférence.

## **3. Tâches et matériel**

### **3.1. Comptage**

La maîtrise de la chaîne numérique a été évaluée grâce au subtest « comptage » de la TEDI-MATH (Van Nieuwenhoven, Grégoire & Noël, 2001). Il s'agissait pour les sujets de CP de compter : le plus loin possible (l'examineur les arrêtant à 31), de compter jusqu'à 9 puis 6, de compter à partir de 3 et de 7 (l'examineur les arrêtant respectivement à 10 et 15), enfin de compter de 5 à 9 et de 4 à 8. Les sujets du CE1 au CE2 devaient compter à rebours à partir de 7 et 15, puis par pas de 2 et de 10 (l'examineur les arrêtant respectivement à 12 et 90). Cette tâche plafonnant pour les élèves de CM2, elle ne leur pas été proposée.

### **3.2. Transcodage**

Les deux tâches de transcodage ont été évaluées grâce à la TEDI-MATH (Van Nieuwenhoven et collaborateurs, 2001).

L'écriture de nombres a été explorée grâce au subtest « écriture de nombres arabes sous dictée ». Il s'agissait pour les sujets de CP d'écrire les nombres : 4, 7, 1, 11, 13 et 16. Pour ceux de CE1 et CE2, il fallait écrire les six nombres précédents et les suivants : 30, 68, 40, 200, 80, 25, 73, 109, 150, 643, 700, 101, 190 et 951.

La lecture de nombres a été évaluée avec le subtest « lecture à voix haute de nombres ». Les sujets de CP devaient lire/signer les nombres : 3, 6, 8, 12, 14, 15. Les élèves de CE1 et CE2 devaient lire/signer les six nombres précédents et les suivants : 20, 47, 50, 105, 80, 19, 92, 800, 160, 432, 400, 102, 170, 567. Les nombres étaient présentés un à un sur un écran d'ordinateur au centre de diapositives, la police et la taille de police étaient Arial 96.

Pour les mêmes raisons que précédemment les tâches de transcodage n'ont pas été proposées aux élèves de CM2.

### **3.3. Calcul**

Les performances en addition et en soustraction ont été évaluées grâce au Tempo Test Rekenen (de Vos, 1992). C'est une tâche de calcul mental, on présente au sujet une feuille avec 40 additions ou 40 soustractions. Il dispose d'une minute pour effectuer le plus possible d'opérations.

### **3.4. Estimation**

Les tâches proposées sont issues du protocole utilisé dans l'étude de Mejias et collaborateurs (2011). On peut s'y référer pour plus de détails sur le matériel et le logiciel utilisés. Le sujet est face à un écran d'ordinateur sur lequel il voit apparaître une croix de fixation suivie d'une numérosité symbolique (nombre arabe ; NA) ou non symbolique (collection de points), qui disparaît au bout de 1000ms. Un écran gris apparaît et le sujet doit produire une collection de points de tailles homogènes (ho) correspondant approximativement à la numérosité qui lui a été présentée. Il dispose pour cela d'un boîtier. Le protocole comporte trois conditions qui sont exposées ci-après.

- Condition hoho : numérosités non symboliques homogènes (ho) en entrée et en sortie. Le sujet voit des collections de points de tailles homogènes et doit en estimer la quantité en produisant des points de tailles homogènes.

- Condition heho : numérosité non symbolique hétérogène (he) en entrée et numérosité non symbolique homogène (ho) en sortie. Le sujet voit des collections de points de tailles hétérogènes et doit reproduire approximativement la même quantité avec des points de tailles homogènes. Cette tâche vise à s'assurer que le sujet estime bien la quantité et ne se base pas sur des paramètres perceptifs comme la surface recouverte par les points (Mejias et collaborateurs, 2011).

- Condition NAho : numérosité symbolique (NA) en entrée et numérosité non symbolique homogène (ho) en sortie. Le sujet voit un nombre arabe et doit estimer le nombre de points de tailles homogènes (ho) correspondants sans les compter.

Avant chaque tâche d'estimation, une phase d'entraînement était proposée au sujet. Il devait estimer les quatre numérosités suivantes : 5, 25, 50 et 75. La modalité d'entrée était fonction de la condition. Durant cette phase, la réponse attendue pour chaque stimulus apparaissait après que le sujet ait validé sa réponse. Ainsi, il pouvait comparer sa réponse à la cible et juger de sa précision pour éventuellement ajuster les réponses suivantes. Puis, pendant

la phase de test, sept numérosités (8, 12, 16, 21, 26, 34 et 64) étaient présentées chacune six fois de manière aléatoire. Chaque tâche d'estimation était donc composée de 42 stimuli.

Il était demandé au sujet de répondre le plus vite possible et de ne pas dénombrer le nombre de points.

## 4. Test statistiques utilisés

Nous avons utilisé le logiciel de statistiques en ligne BiostaTGV. Pour comparer les scores moyens des groupes deux à deux, nous avons utilisé le test *t* de Student. Pour analyser par groupe les relations entre deux compétences, nous nous sommes servis du test de corrélation de Pearson.

## Résultats

D'abord nous présenterons les résultats des élèves du CP au CE2 pour l'ensemble des tâches numériques uniquement symboliques. Les sujets de notre échantillon appartenant à ces niveaux scolaires sont tous scolarisés en inclusion collective. Puis, nous détaillerons les scores des élèves du CP au CM2 pour les tâches de calcul et d'estimation. Enfin, nous exposerons nos résultats quant à l'évolution des performances en calcul avec le niveau scolaire et nous étudierons la corrélation entre le degré de surdité et les performances en calcul.

### 1. Les performances relatives aux codes symboliques et au calcul des sujets scolarisés en inclusion collective

Le groupe des DA est composé de 10 sujets, d'âge moyen 8.95 ans, celui des CA de 18 sujets d'âge moyen 8.88 ans et celui des CC de 13 sujets d'âge moyen 7.63 ans. Le tableau 2 résume les caractéristiques des sujets en termes, de sexe, d'âge et de QI non-verbal.

Tableau 2 : Caractéristiques générales des sujets par groupe du CP au CE2

	Effectif	Sexe	Age		QI non verbal	
		m	M	ET	M	ET
Groupe CA	18	8	8.88	1.30	19.78	4.94
Groupe CC	13	8	7.63	1.09	18.46	1.90
Groupe DA	10	6	8.95	1.29	18.30	2.58

Nous n'observons pas de différence de performances entre DA et CA en comptage ( $t(18.51) = -.03 ; p = .975$ ), en transcodage (écriture de nombres sous dictée (ESD) :  $t(19.89) = .39 ; p = .697$  ; lecture de nombres :  $t(20.39) = .18 ; p = .859$ ) et en calcul (addition :  $t(24.27) = .84 ; p = .410$  ; soustraction :  $t(20.40) = 1.69 ; p = .106$ ).

Le tableau 3 présente les performances des groupes aux tâches de comptage, de transcodage et de calcul.<sup>1</sup>

**Tableau 3 : Performances des sujets du CP au CE2 en comptage, en transcodage et en calcul.**

	Comptage		ESD		Lecture de nombres		Addition		Soustraction	
	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET
CA	10.67	2.63	16.72	6.19	16.72	6.34	17.94	6.04	15.61	7.05
CC	10.38	1.94	15.46	6.59	15.23	6.84	13.15	6.08	10.08	5.72
DA	10.70	2.67	15.80	5.77	16.30	5.73	16.30	4.27	11.20	6.37

*Écriture sous dictée de nombres signés*

Nous n'observons pas de différence entre les moyennes des groupes DA et CA,  $t(3) = 1.57$  ;  $p = .215$ . Le tableau 4 présente les performances en écriture sous dictée de nombres signés pour les sujets déficients auditifs et celles de leurs contrôles pour l'écriture sous dictée de nombres oraux.<sup>2</sup>

**Tableau 4 : Performances en dictée de nombres signés des DA et en dictée de nombres oraux des CA et CC**

	Effectif	Écriture sous dictée de nombres	
		M	ET
Groupe CA	6	20	0
Groupe CC	5	19.6	0.89
Groupe DA	4	17	3.89

Les figures 1 et 2 illustrent respectivement les performances en addition et en soustraction des trois groupes par le biais de boîtes à moustache. On remarque que la dispersion des scores est globalement moins étendue pour les DA par rapport aux groupes contrôles. D'autre part, bien qu'il n'y ait pas de différence significative, 50 % des sujets DA ont des scores supérieurs à 75 % des CC pour la tâche d'addition.

1 Comparaison des performances DA vs CC : comptage ( $t(15.83) = -.31$  ;  $p = .757$ ) ; écriture de nombres sous dictée ( $t(20.58) = .13$  ;  $p = .897$ ) ; lecture de nombres ( $t(20.80) = -.41$  ;  $p = .688$ ) ; addition ( $t(20.88) = -1.46$  ;  $p = .160$ ) ; soustraction ( $t(18.33) = -.44$  ;  $p = .667$ ).

2 Comparaison des scores en écriture sous dictée de nombres signés DA vs CC ( $t(3.26) = -1.33$  ;  $p = .269$ )

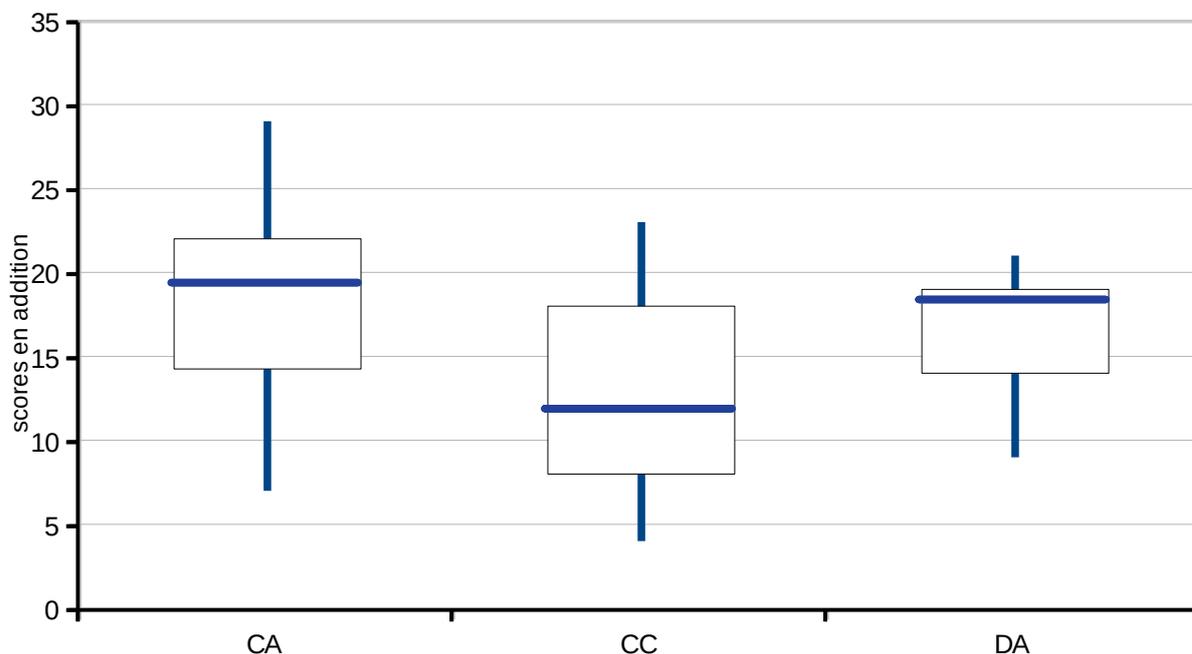


Figure 1 : Répartition des scores à la tâche d'addition pour les trois groupes

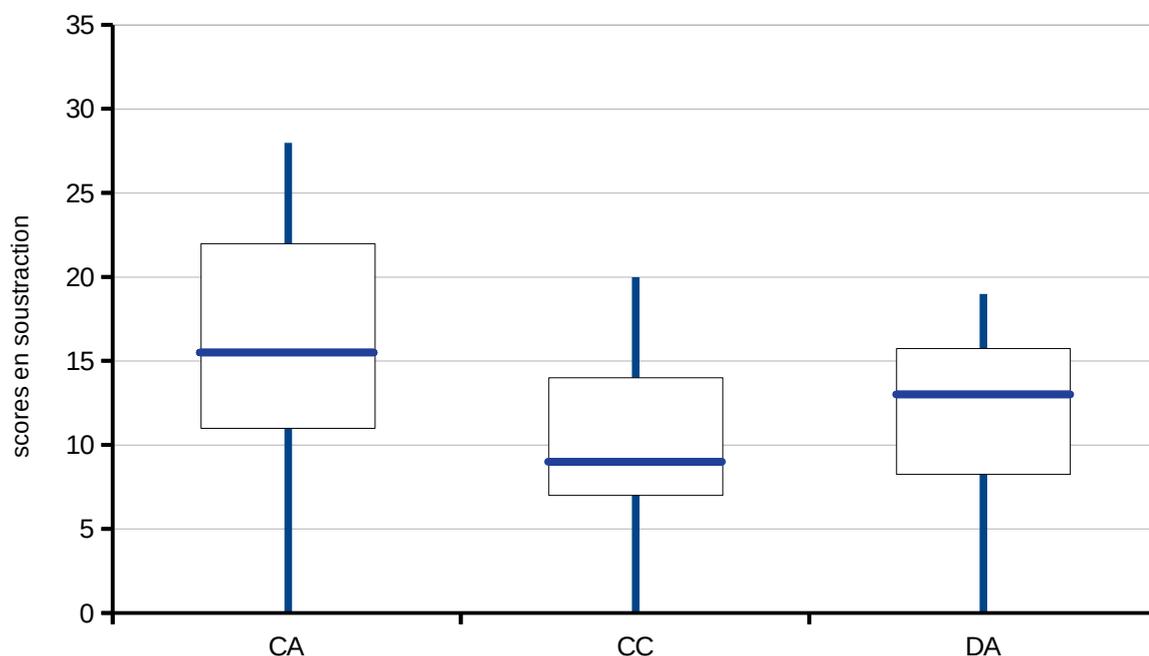


Figure 2 : Répartition des scores à la tâche de soustraction pour les trois groupes

*Corrélation entre performances en comptage et performances en calcul*

Pour les deux groupes, nous observons une corrélation significative entre les performances en comptage et les performances en addition, CA ( $r(16) = .49 ; p = .037$ ) et DA ( $r(8) = .79 ; p = .007$ )<sup>3</sup>.

Pour la soustraction nous n'avons pas mis en évidence de corrélation avec les performances en comptage pour les CA ( $r(16) = .39 ; p = .105$ ). Par contre, nous retrouvons

3 On observe une corrélation entre comptage et addition pour les CC :  $r(11) = .81 ; p < .001$ .

une corrélation significative entre ces deux tâches pour les DA ( $r(8) = .77 ; p = .008$ ) et les CC ( $r(11) = .75 ; p = .003$ ).

## 2. Les performances en estimation et en calcul du CP au CM2

### *Estimation*

Les scores moyens d'imprécision (nommés « accuracy scores », AS) des groupes aux tâches d'estimation sont présentés dans le tableau 5. Plus ce score est élevé, plus les réponses des sujets sont éloignées de la cible.

**Tableau 5 : Scores moyens d'imprécision (AS) aux tâches d'estimation par groupe**

	AS(heho)		AS(NAho)		AS(hoho)	
	M	ET	M	ET	M	ET
Groupe CA	8.72	3.47	11.35	6.55	7.85	2.91
Groupe CC	11.65	5.56	16.42	8.55	9.64	4.36
Groupe DA	14.12	8.95	11.46	6.68	8.00	2.80

Nous n'observons pas de différence entre les moyennes d'imprécision des DA et des CA et ce, quelle que soit la condition.<sup>4</sup>

A la tâche d'estimation non symbolique avec des points de tailles homogènes en entrée et en sortie (hoho),  $t(25.87) = -.15 ; p = .88$ .

A la tâche d'estimation avec des nombres arabes en entrée et des points de tailles homogènes en sortie (NAho),  $t(24.62) = -.05 ; p = .963$ .

A la tâche d'estimation non symbolique avec en entrée des points de tailles hétérogènes et en sortie des points de tailles homogènes (heho),  $t(14.07) = -2.08 ; p = .056$ .

Nous avons illustré à la figure 3, les scores moyens d'imprécision par groupe pour les trois conditions. La condition hoho est celle où tous les sujets sont le plus précis. La tâche où le groupe des DA est le plus imprécis est la condition heho alors que pour les deux groupes d'entendants c'est la condition NAho.

4 Comparaison des moyennes d'imprécision en estimation DA vs CC, condition hoho ( $t(25.78) = 1.22 ; p = .231$ ), condition NAho ( $t(26.97) = 1.75 ; p = .091$ ) et condition heho ( $t(19.19) = -.87 ; p = .396$ ).

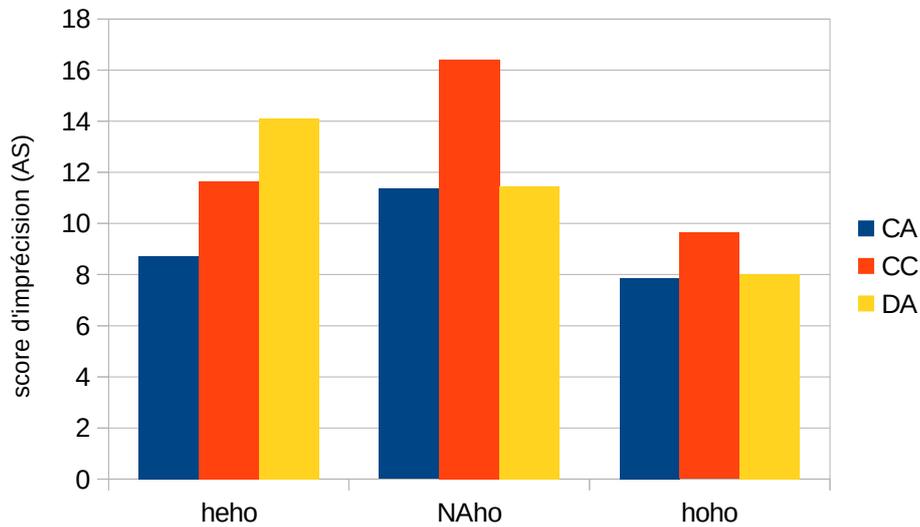


Figure 3 : Score moyen d'imprécision en estimation pour les trois groupes par condition.

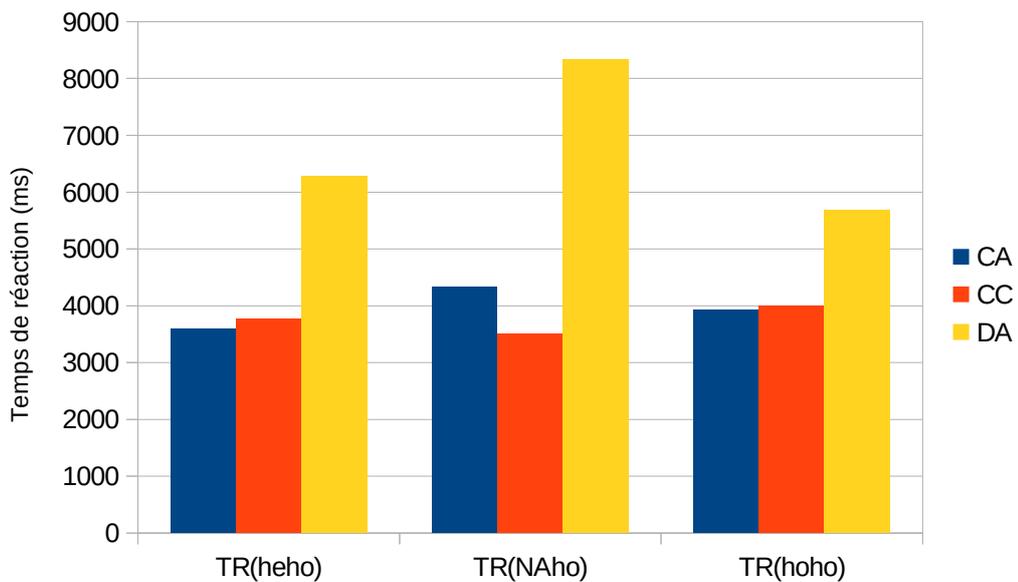


Figure 4 : Temps moyens de réaction pour les trois groupes par condition

Nous avons résumé dans le tableau 6, les temps de réaction (TR) moyens pour les trois groupes par condition. Le groupe des DA est globalement plus lent dans toutes les conditions comparé aux groupes contrôles comme l'illustre la figure 4. Cependant, cette différence n'est significative entre DA et CA que pour la condition hoho ( $t(17.27) = -2.32 ; p = .033$ ) ; dans la condition NAho ( $t(12.89) = -2.09 ; p = .057$ ) et dans la condition heho ( $t(13.21) = -2.01 ; p = .066$ ).<sup>5</sup>

5 Comparaison des temps de réaction des DA vs CC, condition hoho ( $t(15.21) = -2.30 ; p = .036$ ), condition NAho ( $t(13.03) = -2.51 ; p = .026$ ) et condition heho ( $t(13.40) = -1.87 ; p = .084$ ).

**Tableau 6 : Temps de réaction moyens par groupe pour chaque condition**

	TR(heho)		TR(NAho)		TR(hoho)	
	M	ET	M	ET	M	ET
Groupe CA	3595.38	1401.49	4333.24	1728.71	3923.76	1528.27
Groupe CC	3774.67	1259.32	3506.01	1558.43	3993.44	1008.06
Groupe DA	6280.76	4706.71	8333.39	6775.90	5680.52	2480.97

*Comparaison des performances des groupes entre les conditions heho et hoho*

Pour le groupe CA, nous ne trouvons pas de différence significative entre les deux conditions non symboliques ( $t(22) = .86$  ;  $p = .262$ ). Par contre, nous mettons en évidence une différence significative entre ces deux conditions pour les DA ( $t(12) = 6.11$  ;  $p = .038$ ) et les CC ( $t(15) = -8.36$  ;  $p < .001$ ).

*Calcul*

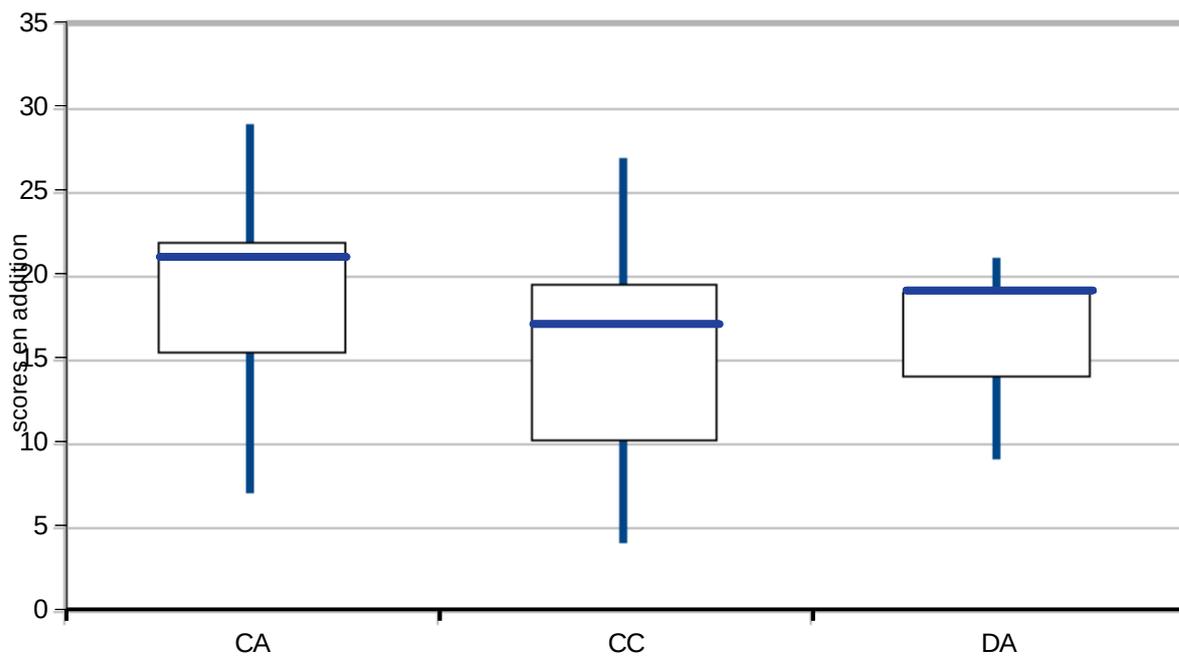
Les scores moyens des sujets aux tâches d'addition et de soustraction sont présentés dans le tableau 7. Nous ne trouvons pas de différence entre les groupes DA et CA pour la tâche d'addition ( $t(32.52) = 1.30$  ;  $p = .203$ )<sup>6</sup>. Par contre, nous observons une différence significative entre ces deux groupes pour la tâche de soustraction ( $t(27.98) = 2.08$  ;  $p = .046$ ). Cette différence disparaît quand on compare les DA aux CC ( $t(24.18) = .80$  ;  $p = .433$ ).

**Tableau 7 : Scores moyens en addition et en soustraction par groupe**

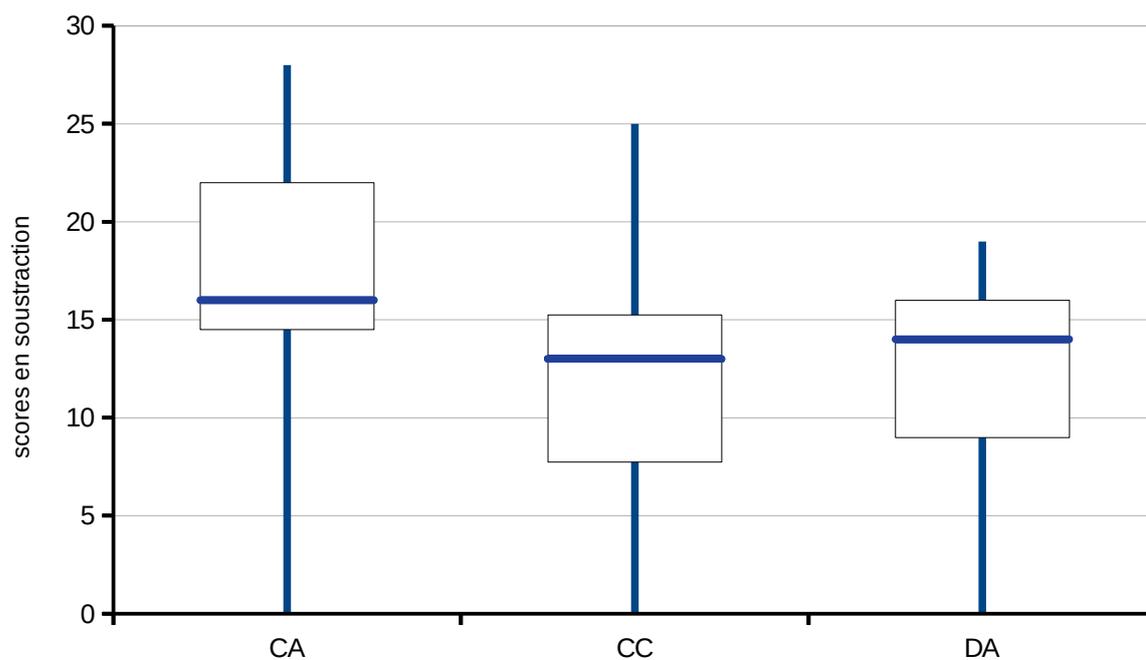
	Addition		Soustraction	
	M	ET	M	ET
Groupe CA	19.04	5.78	16.39	6.59
Groupe CC	15.25	7.15	12.06	10.08
Groupe DA	16.92	3.97	12	5.76

On remarque grâce aux figures 4 et 5 qui illustrent la répartition des scores pour les trois groupes, respectivement en addition et en soustraction, que la dispersion des scores des DA est de nouveau moins étendue comparée aux groupes contrôles. Cependant, cette fois les performances de DA semblent plus proches de celles des CC.

6 Comparaison des scores moyens en addition DA vs CC ( $t(24.18) = .80$  ;  $p = .433$ )



**Figure 4 : Répartition des scores à la tâche d'addition pour les trois groupes**



**Figure 5 : Répartition des scores à la tâche de soustraction pour les trois groupes**

*Corrélation entre performances en calcul et précision de l'estimation dans la condition NAho*

Quels que soient les groupes, nous n'observons de corrélation ni pour l'addition, ni pour la soustraction, comme le montrent les résultats ci-après.

- Groupe CA : pour l'addition  $r(21) = -.34$  ;  $p = .112$  et pour la soustraction  $r(21) = -.24$  ;  $p = .278$ .

-Groupe DA : pour l'addition  $r(11) = -.05$  ;  $p = .864$  et pour la soustraction  $r(11) = .05$  ;  $p = .871$ .

- Groupe CC : pour l'addition  $r(14) = -.41$  ;  $p = .115$  et pour la soustraction  $r(14) = -.29$  ;  $p = .270$ .

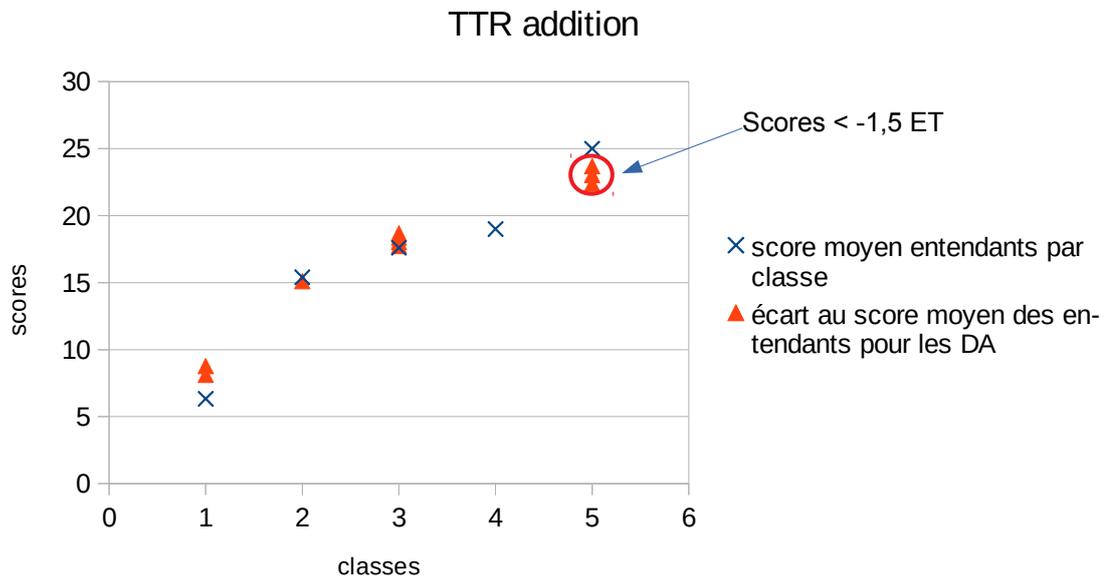
*Corrélation entre performances en calcul et précision de l'estimation dans la condition hoho*

Pour le groupe CA, nous retrouvons une corrélation significative entre le score d'imprécision en estimation non symbolique dans la condition « hoho » et les performances en addition ( $r(21) = -.63$  ;  $p = .001$ ) et en soustraction ( $r(21) = -.55$  ;  $p = .007$ ). Plus les sujets CA sont précis en estimation non symbolique dans la condition « hoho », meilleures sont leurs performances en calcul.

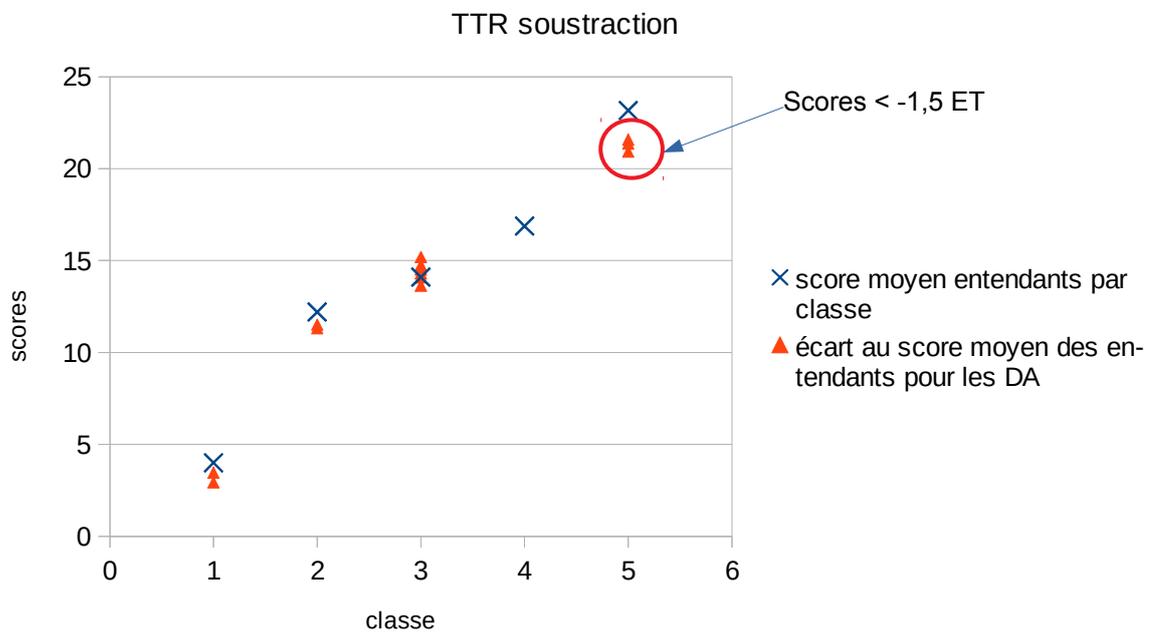
Nous ne retrouvons pas de corrélation pour le groupe DA entre la précision de l'estimation dans la condition « hoho » et les performances en addition ( $r(11) = -.40$  ;  $p = .178$ ) ni en soustraction ( $r(11) = -.39$  ;  $p = .187$ ). Il en est de même pour le groupe CC, pour l'addition ( $r(14) = -.23$  ;  $p = .387$ ) et la soustraction ( $r(14) = -.18$  ;  $p = .508$ ).

### **3. Evolution des performances en calcul en fonction du niveau scolaire**

Nous avons illustré les performances des sujets déficients auditifs par rapport à la performance moyenne de leurs pairs entendants de même niveau scolaire. Pour l'addition, on constate que les performances des sujets déficients auditifs sont équivalentes à celles de leurs pairs entendants jusqu'au CE2 et, au CM2 leurs performances sont inférieures comme le montre la figure 6. Pour ce qui est de la soustraction, on constate sur la figure 7, que les performances des sujets déficients auditifs ont une courbe d'évolution comparable à celle des sujets entendants jusqu'au CE2 et, nous observons un retard en classe de CM2.



**Figure 6 : Ecart au score moyen en addition des entendants pour les sujets déficients auditifs par classe (1=CP ; 2=CE1 ; 3=CE2 ; 4=CM1 ; 5=CM2)**



**Figure 7 : Ecart au score moyen en soustraction des entendants pour les sujets déficients auditifs par classe (1=CP ; 2=CE1 ; 3=CE2 ; 4=CM1 ; 5=CM2)**

## 4. Influence du degré de surdité sur les performances en comptage et en calcul

Nous n'avons pas trouvé de relation entre les degrés de surdité et les performances en calcul (somme des scores aux TTR addition et TTR soustraction) au sein de notre échantillon de 13 sujets avec des déficiences auditives moyennes à cophotiques ( $r(11) = .29$  ;  $p = .343$ ). Le tableau 7 reprend la répartition des sujets par type de surdité.

Nous n'avons pas, non plus, observé de corrélation entre les performances en comptage et le degré de surdité :  $r(8) = .46$  ;  $p = .18$ .

Tableau 7 : Répartition des sujets déficients auditifs par type de surdité

	Surdité moyenne	Surdité sévère	Surdité profonde	Cophose
Effectif	1	5	4	3

## Discussion

Dans les paragraphes suivants, nous confronterons nos résultats à nos hypothèses et proposerons des explications pour les éventuels écarts observés. Nous discuterons d'abord les résultats relatifs aux sujets scolarisés en inclusion collective pour les tâches évaluant la maîtrise des systèmes numériques symboliques et les tâches de calcul. Puis, nous critiquerons pour l'ensemble de notre échantillon les résultats relatifs aux tâches de calcul et d'estimation. Enfin, nous traiterons de l'évolution des performances en calcul en fonction du niveau scolaire et nous discuterons l'existence d'un lien entre degré de surdité et performances en mathématiques.

### *Le comptage en inclusion collective*

Contrairement à notre hypothèse, nous n'avons pas retrouvé de retard dans la maîtrise de la chaîne numérique chez les sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective. Ce résultat va à l'encontre de la majorité des données de la littérature sur ce thème (Gottardis, 2011). Cependant, si on se réfère à Brisset et collaborateurs (2017), il n'y aurait pas de retard dans la maîtrise de la chaîne numérique des sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion individuelle par rapport à leurs pairs entendants de même âge. Les auteurs ne retrouvent ce retard que pour les enfants sourds scolarisés en  cole spécialisée. Ainsi, la non maîtrise de la chaîne numérique ne concernerait que les sujets déficients auditifs qui bénéficient de ce type d'enseignement. Mais, cela ne signifie pas pour autant que le retard dans la maîtrise de la chaîne numérique soit la conséquence de la scolarisation en  cole spécialisée (Wood, Wood, Kingsmill, French & Howarth, 1984). En effet, on retrouve dans ce type de structure des sujets déficients auditifs qui ont parfois un faible niveau dans les des deux langues (orale et signée) et peuvent avoir des troubles associés. Ces éléments pourraient expliquer le retard observé dans la maîtrise de la chaîne numérique.

### *Le transcodage en inclusion collective*

Ces résultats vont aussi à l'encontre de nos hypothèses et des principales données issues de la littérature car nous ne mettons pas en évidence de différence de performances entre les sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective et leurs pairs entendants de même âge. Les deux groupes ont des performances équivalentes aux tâches de dictée ou de lecture de nombres. Nous n'avons pas retrouvé les 3.5 ans de retard (Croiseaux, 2005), notamment, à la tâche de dictée de nombres signés. Cependant, nous avons un très petit échantillon, et cette analyse n'avait qu'une visée exploratoire. Par ailleurs, ce résultat est en accord avec ceux de l'étude de Genovese et collaborateurs (2005) auprès de sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion individuelle.

### *Le calcul en inclusion collective*

Nous ne retrouvons pas de différence de capacités aux tâches d'addition et de soustraction entre les sujets sourds scolarisés en inclusion collective et leurs pairs entendants de même âge. Ce résultat est en accord avec ceux rapportés par Brisset et collaborateurs (2017).

Nos résultats concordent avec ceux de Brisset et collaborateurs (2017) qui pour la première fois ne montraient pas de retard entre les performances des enfants déficients auditifs scolarisés en inclusion individuelle et leurs pairs entendants de même âge pour des tâches numériques culturellement apprises. Les auteurs avançaient l'hypothèse du rôle du type de scolarisation pour expliquer la différence de performances observée entre les sujets scolarisés en école spécialisée et ceux scolarisés en inclusion individuelle. Or, le format de l'enseignement en inclusion collective est plus proche de celui de l'école spécialisée. En effet, les élèves sont environ une dizaine par classe et le professeur est spécialisé dans l'enseignement aux sujets déficients auditifs. L'enseignement des mathématiques ne leur est donc probablement pas délivré comme il le serait à des élèves entendants. Cependant, en inclusion collective l'enseignant suit le même programme qu'un enseignant pour élèves tout-venants ce qui n'est pas le cas en école spécialisée. Ces résultats sont un argument en faveur de l'impact du type de scolarisation sur les performances en mathématiques (Brisset et collaborateurs, 2017).

D'autre part, nous avons mis en évidence une corrélation entre les performances en comptage et les performances en addition chez nos trois groupes de sujets. Il semblerait donc qu'ils privilégient des stratégies de résolution d'opérations qui reposent sur le comptage. En effet, selon les données dont nous disposons, relativement aux procédés cognitifs de résolution d'opérations simples, pour résoudre une addition simple de type «  $5+3 = ?$  », un enfant a le choix entre cinq stratégies. Ainsi, il peut avoir recours à l'utilisation d'objets (l'enfant matérialise les deux opérandes et dénombre la nouvelle collection), le comptage sur les doigts, le comptage verbal, la décomposition et la récupération directement en mémoire du résultat (Carpenter & Moser, 1983; Siegler, 1987 cités par Barouillet & Camos, 2003). Par contre, pour la soustraction, nous retrouvons une corrélation avec les performances en comptage pour les groupes des déficients auditifs et des contrôles-classe mais pas pour celui des contrôles-âge. Pour résoudre une soustraction, un enfant a les choix entre les cinq stratégies présentées ci-dessus pour la résolution d'addition et une sixième qui utilise l'addition indirecte correspondante ( $3+? = 7$  pour résoudre  $7-3$  ; Baroody, 1984 cité par

Barouillet & Camos, 2003). Seules les deux dernières stratégies ne reposent pas sur le comptage mais sur la récupération de faits arithmétiques en mémoire. Ainsi, comme il n'y a que pour le groupe contrôle-âge qu'on ne retrouve pas de corrélation entre les performances en soustraction et la maîtrise de la chaîne numérique, on peut supposer qu'il aurait plutôt recours à une stratégie de récupération en mémoire pour les soustractions quand les deux autres groupes auraient des stratégies s'appuyant sur le comptage. Ce résultat est concordant avec ceux retrouvés dans une étude menée auprès d'adolescents sourds de 11 à 14 ans scolarisés en école spécialisée ou en inclusion collective. Les auteurs ont montré que les sujets déficients auditifs avaient beaucoup moins recours au calcul mental que leurs pairs entendants de même âge (Swanwick, Oddy & Roper, 2005).

#### *Le calcul en inclusion collective et en école spécialisée*

Si cette différence de stratégie n'a pas de conséquence significative sur les performances des sujets déficients auditifs du CP au CE2 par rapport leurs pairs entendants de même âge, on observe une différence significative de performance pour la soustraction entre les deux groupes pour les sujets du CP au CM2. Cette différence disparaît quand on compare les sujets déficients auditifs à leurs contrôles-classe. Les stratégies des sujets déficients auditifs en soustraction seraient moins performantes que celles de leurs pairs entendants de même âge mais en accord avec leur niveau scolaire.

#### *La précision de l'estimation en inclusion collective et en école spécialisée*

Nous n'avons pas mis en évidence de différence au niveau de la précision de l'estimation entre le groupe des sujets déficients auditifs et leurs pairs entendants de même âge et ce, quelle que soit la condition. Nous retrouvons ici les données de la littérature en faveur d'un système numérique approximatif (SNA) intègre chez les sujets porteurs d'une déficience auditive. Ce résultat est encourageant, les sujets déficients auditifs traiteraient de manière équivalente aux sujets entendants de même âge les numérosités sous formes non symbolique et symbolique. Le fait que dans la condition NAho, leurs performances soient équivalentes à celles de leurs pairs entendants de même âge est un résultat inattendu. En effet, les nombres arabes relevant des apprentissages formels on s'attendrait à un retard par rapport aux contrôles-âge et une absence de différence par rapport aux contrôles-classe. Ce résultat s'expliquerait cependant, si les nombres arabes utilisés dans cette épreuve étaient acquis à des niveaux scolaires antérieurs. Alors, on ne retrouverait pas non plus de différence entre les performances des deux groupes contrôles ; c'est effectivement le cas dans cette étude ( $t(34,46) = 1.56 ; p = .13$ ).

Bien que les sujets déficients auditifs soient aussi précis que leurs contrôles dans la tâche d'estimation, ils sont globalement plus lents. Cette lenteur pourrait témoigner d'un traitement de l'information numérique plus long. En effet, des études ont montré que les sujets déficients auditifs avaient des vitesses de traitement de l'information déficitaires (Leutinger, 2002 ; Maller & Ferron, 1997 cités par Hamilton, 2011). Si dans la tâche d'estimation la vitesse de traitement plus faible par rapport aux sujets entendants n'a pas d'impact sur les performances peut être en a-t-elle sur les tâches mathématiques plus complexes.

Etudions maintenant les corrélations entre les performances en estimation et en calcul. Nous n'avons trouvé aucune corrélation entre la précision de l'estimation dans la condition NAho et les performances en calcul. Ce résultat va à l'encontre de l'hypothèse d'Holloway et Ansari (2009) selon laquelle il y aurait une corrélation entre la précision de l'accès au sens du nombre via le système symbolique des nombres arabes et les performances en calcul. Par contre, nous retrouvons pour le groupe contrôle-âge une corrélation entre la précision de l'estimation dans la condition hoho et les performances en calcul. Ceci contredit de nouveau les résultats d'Holloway et Ansari (2009) qui ne trouvaient aucun lien entre précision de l'estimation non symbolique et performance en calcul. Mais à l'inverse, notre résultat confirme ceux d'Halberda et collaborateurs (2008) qui ont montré que les individus les plus performants en calcul étaient aussi ceux qui avaient le système numérique approximatif le plus précis. Cependant, nous ne retrouvons pas cette corrélation pour les sujets déficients auditifs et leurs contrôles-classe. Si on suppose que la précision du SNA s'améliore avec les apprentissages formels en mathématiques (Pica et collaborateurs, 2004 cités par Halberda & collaborateurs, 2008) peut être que la corrélation entre les performances en calcul et la précision du SNA n'apparaît qu'à partir d'un certain niveau scolaire. En effet dans leur étude, Halberda et collaborateurs ont évalué la précision du SNA chez des sujets de 14 ans et, ont ensuite cherché des corrélations entre cette mesure et leurs performances antérieures à des tests de mathématiques nationaux (de la maternelle à l'âge de 9 ans). Il serait intéressant de vérifier si la corrélation entre la précision du SNA et les performances en calcul est présente à tout âge ou n'apparaît qu'à partir d'un niveau scolaire donné.

Enfin, on remarque que contrairement à leurs contrôles-âge, les sujets déficients auditifs ont des performances significativement différentes entre les deux tâches d'estimation non symboliques. Ils sont significativement moins précis dans la condition non symbolique hétérogène (heho). On retrouve aussi cette différence significative entre ces deux tâches chez les contrôles-classe. Les sujets déficients auditifs seraient donc plus sensibles aux paramètres perceptifs comme les sujets plus jeunes. Ceci pourrait être le signe d'une immaturité développementale dans le processus de traitement du nombre comme le concluent Mejias et collaborateurs (2011) retrouvant aussi une plus grande sensibilité aux paramètres perceptifs dans les tâches d'estimation chez des sujets présentant des troubles de la cognition mathématique. Les auteurs pour formuler cette hypothèse s'appuient sur des études antérieures montrant que les sujets jeunes ne traitent pas la numérosité si les paramètres perceptifs suffisent à réaliser une tâche de comparaison mais qu'en grandissant ils privilégient au contraire le traitement du nombre.

#### *Evolution des performances en calcul en fonction du niveau scolaire*

Il semblerait que les performances des sujets déficients auditifs restent dans la norme comparées aux scores moyens en calcul des sujets entendants jusqu'au CE2. A partir du CM2 nous observons des performances moindres. Cependant, dans notre échantillon les sujets de CM2 sont aussi les sujets scolarisés en école spécialisée. Peut-être que nous n'aurions pas observé ces moindres performances avec des sujets scolarisés en inclusion collective uniquement. Il serait intéressant de comparer l'évolution des performances en calcul selon le niveau scolaire pour les sujets scolarisés en inclusion collective d'une part et pour les sujets scolarisés en école spécialisée d'autre part.

### *Influence du degré de surdité*

Nous ne retrouvons pas d'influence du degré de surdité sur les performances en comptage et, sur les compétences en calcul contrairement à ce que nous avons supposé. Peut-être est-ce parce que l'effectif de notre échantillon est faible et que tous les types de surdité n'y sont pas représentés. En effet, selon Gottardis et collaborateurs (2011), il y aurait une corrélation faible entre le degré de perte auditive et les performances en mathématiques mais quand tous les types de surdité sont pris en compte.

### *Limites de notre étude*

Les données de nos groupes contrôles sont celles d'enfants scolarisés dans des écoles belges. L'idéal aurait été pour les sujets scolarisés en inclusion collective, de les comparer avec des élèves fréquentant les mêmes établissements qu'eux. En effet, les méthodes d'enseignement et l'âge où certaines notions sont abordées sont probablement différents d'un pays à un autre. De plus, pour les sujets contrôles nous n'avons pas leur niveau scolaire. Nous l'avons donc déduit en fonction de leur classe sachant qu'aucun d'entre eux n'avait redoublé. Mais nous avons pu commettre des erreurs car nous ne savons pas quand (quel(s) mois) ont été réalisées les passations. Nous ne sommes donc pas certains de comparer des sujets avec des niveaux d'enseignement comparables même si le risque d'erreurs d'appariement est faible.

Il aurait été intéressant d'évaluer la précision de l'estimation des sujets déficients auditifs avec des nombres verbaux signés. Nous aurions pu ainsi évaluer l'accès au sens du nombre via ce code symbolique.

Enfin, comme souvent dans les études menées auprès de sujets avec une déficience auditive, notre effectif est faible, seulement 13 sujets. Nos résultats ne sont donc pas extrapolables à toute la population sourde qui d'autre part est très hétérogène (Roux, 2004).

## Conclusion

Nous avons pour objectif de faire le point sur les compétences numériques de base (comptage, transcodage, calcul et estimation) des sujets déficients auditifs d'âge primaire scolarisés en inclusion collective ou en école spécialisée. Nous leur avons fait passer pour cela plusieurs tâches. Des subtests issus de la TEDI-MATH (Van Nieuwenhoven et collaborateurs, 2001) pour évaluer la maîtrise des codes arabes et verbaux, du Tempo Test Rekenen (de Vos, 1992) pour explorer leurs compétences en calcul et, une tâche d'estimation de points, issue de l'étude de Mejias et collaborateurs (2011), pour évaluer l'intégrité de leur système numérique approximatif et son accès via le système numérique arabe. Nous ne trouvons aucun retard significatif entre les sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective et leurs pairs entendants de même âge pour l'ensemble de ces tâches. Nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre les performances en soustraction et la maîtrise de la chaîne numérique pour les contrôles-âge alors qu'elle existe pour les sujets déficients auditifs et les contrôles-classe. Les sujets déficients auditifs auraient moins recours au calcul mental que leurs pairs entendants de même âge pour la résolution de soustractions.

Quand on prend en compte l'ensemble de notre échantillon, on observe une différence significative de performances pour la tâche de soustraction par rapport aux contrôles-âge. Cependant, cette différence disparaît quand on le compare au groupe contrôle-classe. Nous n'avons pas montré de corrélation entre la précision de l'accès au sens du nombre via le système numérique arabe et les performances en calcul. Cependant, nous avons retrouvé une corrélation entre la précision de l'estimation non symbolique et les performances en calcul mais uniquement pour les contrôles-âge. Enfin, il semblerait que les sujets déficients auditifs soient plus sensibles que leurs contrôles-âge aux paramètres perceptifs dans les tâches d'estimation non symboliques ce qui pourrait être le signe d'un retard développemental dans le traitement de la numérosité. En accord avec la majorité des études, nous n'avons pas retrouvé de corrélation entre le degré de surdité et les performances en comptage ou en calcul.

Cette étude nous a permis de montrer qu'il n'y avait pas de retard significatif dans les notions numériques de base entre des sujets déficients auditifs scolarisés en inclusion collective et leurs pairs entendants de même âge. Cependant, nos résultats semblent mettre en évidence des stratégies moins avancées (moindre utilisation du calcul mental et appui plus important sur les paramètres perceptifs). Les enseignants pourraient proposer aux sujets déficients auditifs plus d'exercices de calcul mental afin qu'ils y aient recours plus fréquemment. D'autre part, les sujets déficients auditifs auraient une vitesse de traitement de l'information inférieure à celle des entendants. Peut-être serait-il intéressant d'adapter les modalités des acquisitions mathématiques. Nunes et Moreno (2002) ont montré qu'il était possible d'améliorer significativement les performances en mathématiques des sujets déficients auditifs en adaptant les supports d'enseignement (supports visuels pour illustrer les notions abordées) et les méthodes (explicitation systématique de toutes les notions mathématiques que les enfants entendants acquièrent de manière informelle dans leur environnement) sans pour autant augmenter le temps consacré à l'apprentissage des mathématiques.

Pour finir, notre échantillon était composé d'élèves du CP au CE2 en inclusion collective et d'élèves de CM2 en école spécialisée. Nous n'avons observé de retard dans les performances en calcul par rapport aux sujets entendants de même niveau scolaire que pour la

classe de CM2. Il serait intéressant de reproduire cette étude avec uniquement des élèves en inclusion collective du CP au CM2 afin de vérifier si ce retard est toujours présent.

# Bibliographie

- Arfé, B., Lucangeli, D., Genovese, E., Monzani, D., Gubernale, M., Trevisi, P., & Santarelli, R. (2011). Analogic and symbolic comparison of numerosity in preschool children with cochlear implant. *Deafness & Education International*, 13(1), 34-45.  
doi : 10.1179/1557069X11Y.0000000002
- Barouillet, P., & Camos, V. (2003). Savoirs, savoir-faire arithmétiques et leurs déficiences. Dans *Les sciences cognitives et l'école* (pp.305-351). Paris : Presse Universitaire de France.  
doi : 10.3917/puf.coll.2003.01.0305
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child development*, 79(4), 1016-1031.  
doi : 10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x
- Bourlès, F., & Laussel, E. (2016). *La représentation du nombres chez les enfants dyscalculique*. Mémoire de certificat de capacité d'orthophonie.
- Brisset, M., Mussolin, C., & Leybaert, J. (2017). Traitements numériques, capacités visuo-spatiales et gnosies digitales chez les enfants sourds et entendants : impact du type d'instruction. Dans *Rééducation orthophonique : les troubles de la cognition mathématiques #2* (pp.51-80). Fédération nationale des orthophonistes.
- Bull, R., Blatto-Vallee, G., & Fabich, M. (2006). Subitizing, magnitude representation, and magnitude retrieval in deaf and hearing adults. *Journal of deaf studies and deaf education*, 11(3), 289-302.  
doi : 10.1093/deafed/enj038
- Bull, R., Marschark, M., Sapere, P., Davidson, W. A., Murphy, D., & Nordmann, E. (2011). Numerical estimation in deaf and hearing adults. *Learning and individual differences*, 21(4), 453-457.  
doi:10.1016/j.lindif.2011.02.001
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3-18.  
doi: 10.1111/j.1469-7610.2005.00374.x
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42  
doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S. (2010). L'animal mathématicien. Dans « *La bosse des maths* » : 15 ans après (pp. 45-47). Paris, France : Odile Jacob.
- de Vos, T. (1992). *Tempo Test Rekenen*. Nijmegen : Berckhout.
- Genovese, E., Galizia, R., Gubernale, M., Arslan, E., & Lucangeli, D. (2005). Mathematical vs. reading and writing disabilities in deaf children : a pilot study of development of numerical knowledge. *Cognition and Learning in Diverse Settings: Advances in Learning and Behavioral Disabilities*, 18, 33-46.  
doi : 10.1016/S0735-004X(05)18002-1
- Gérardy, A. (2016). *La représentation du nombre chez l'enfant porteur de troubles spécifiques du langage*. Mémoire de master en logopédie non publié, université catholique de Louvain.
- Gottardis, L., Nunes, T., & Lunt, I. (2011). A synthesis of research on deaf and hearing children's mathematical achievement. *Deafness & education international*, 13(3), 131-150.  
doi : I 10.1179/1557069X11Y.0000000006
- Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455, 665-668.  
doi:10.1038/nature07246
- Hamilton Harley (2011). Memory skills of deaf learners implications and applications. *American Annal of the deaf*, 156(4), 402-423.
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols : the numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 103(1), 17-29.  
doi : 1016/j.jecp.2008.04.001
- Kritzer, K. L. (2009). Barely started and already left behind: a descriptive analysis of the mathematics ability demonstrated by young deaf children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(4), 409-421.  
doi:10.1093/deafed/enp015
- Legoff, A. (2016). *Représentations numériques chez l'enfant déficient auditif*. Mémoire de master en logopédie non publié, université catholique de Louvain.
- Lentz, V. (2017). *La représentation du nombre chez l'enfant sourd*. Mémoire de master en logopédie non publié, université catholique de Louvain.
- Leybaert, J., & Van Cuyck, M. N. (2002). Counting in sign language. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81(4), 482-501.  
doi:10.1006/jecp.2002.2660
- Leybaert, J.(2006). L'évaluation des habiletés numériques chez les enfants atteints de surdité. In C. Hagg , B.

- L. Charlier & J. Leybaert (Eds.), *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd : pistes d'évaluation* (pp. 223-246). Wavre, Belgique : Mardaga.
- Masataka, N. (2006). Differences in arithmetic subtraction of nonsymbolic numerosities by deaf and hearing adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 139-143.
- Mejias, S., Mussolin, C., Rousselle, L., Grégoire, J., & Noël, M. P. (2011). Numerical and non numerical estimation in children with and without mathematical learning disabilities. *Child Neuropsychology*, 1-26. doi : 10.1080/09297049.2011.625355
- Nunes, T. & Moreno, C. (2002). An intervention program for promoting deaf pupils' achievement in mathematics. *Journal of deaf studies and deaf education*, 7(2), 120-133. doi : 10.1093/deafed/7.2.120
- Renard, M. (2011). Le classement des surdités par type de perte auditive. Retrieved from <http://www.2-as.org/site/IFSI-2011/1-4-Classement-des-surdites.pdf>
- Rodriguez-Santos, J. M., Calleja, M., Garcia-Orza, J., Iza, M., & Damas, J. (2014). Quantity processing in deaf and hard of hearing children: Evidence from symbolic and nonsymbolic comparison tasks. *American annals of the deaf*, 159(1), 34-44. doi : 10.1353/aad.2014.0015
- Rousselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs. non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005
- Roux, M. (2014). Surdité et difficultés d'apprentissage en mathématiques, état des lieux et probl matiques actuelles. *Bulletin de psychologie*, 4(532), 295-307. doi:10.3917/bupsy.532.0295.
- Swanwick, R., Oddy, A., & Roper, T. (2005). Mathematics and deaf children : an exploration of barriers to success. *Deafness and Education International*, 7(1), 1-21. doi:10.1179/146431505790560446
- Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J., & Noël, M. P. (2001). *TEDI-MATHS. Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*. Paris, France : Ecpa.
- Wechsler, D. (2005). *Manuel de l'échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants. Quatri me  dition*. Paris, France : Ecpa.
- Wood, H. A. Wood, D. J., Kingsmill, M. C., French, J. R. W., & Howarth, P. (1984). The mathematical achievements of deaf children from different educational environments. *Journal of educational and psychology*, 54, 254-264
- Zarfaty, Y., Nunes, T., & Bryant, T. (2004). The performance of young deaf children in spatial and temporal number tasks. *Journal of deaf studies and deaf education*, 9(3), 315-326. doi : 10.1093/deafed/enh034

---