



**HAL**  
open science

# Recherche sur le code analogique au sein d'une cohorte d'enfants autistes

Monique Guitot

► **To cite this version:**

Monique Guitot. Recherche sur le code analogique au sein d'une cohorte d'enfants autistes. Sciences cognitives. 2018. dumas-02084191

**HAL Id: dumas-02084191**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02084191>**

Submitted on 29 Mar 2019

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

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



ACADEMIE DE PARIS  
SORBONNE UNIVERSITE  
MEMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE  
D'ORTHOPHONISTE

Recherche sur le code analogique au sein d'une cohorte  
d'enfants autistes  
Research on the analog code within a cohort of autistic  
children

DIRECTEUR DE MEMOIRE :  
FAYOL Michel

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2017-2018

GUITOT MONIQUE

## RESUME :

Les savoirs et les savoir-faire mathématiques chez l'enfant sont étudiés depuis une vingtaine d'années et nous ont fait découvrir certains des mécanismes mis en œuvre pour acquérir les nombres et savoir les utiliser dans la vie quotidienne. Cependant les compétences numériques des enfants avec autisme ont été peu étudiées. Notre étude a examiné le code analogique, qui permettrait l'accès au sens des nombres, ainsi que le code symbolique, qui relève d'un apprentissage afin de savoir si un de ces codes pourrait être altéré dans certains groupes d'enfants autistes. L'objectif de l'étude présentée porte sur 31 enfants autistes âgés entre 6 et 11 ans. Les enfants ont été testés sur des épreuves faisant intervenir le code analogique (subitizing et estimation) et le code symbolique (code indo-arabe). Nous avons voulu savoir si le code analogique, qui est prédicteur des réussites en mathématiques, était déficitaire par rapport au code symbolique et était susceptible d'induire des insuffisances du code symbolique. Nous avons également voulu savoir si les résultats obtenus pouvaient être modulés par les capacités intellectuelles des enfants. Les premiers résultats mettent en évidence que globalement le code analogique est déficitaire par rapport au code symbolique qui semble être préservé. De plus, une corrélation entre les résultats des épreuves et les résultats du quotient intellectuel est notée.

**Mots-clés :** *autisme, nombre, code analogique, triple code, sens du nombre*

### Analog code research in a cohorte of autistic children

**Abstract :** The mathematical knowledge and skills of children have been studied for about twenty years and have helped us to discover the mechanisms involved to acquire numbers and know how to use them on an everyday life level. However, the digital skills of children with autism have been rarely studied. Our study examined the analog code, which allows access to the meaning of numbers, and the symbolic code, which is a learning process, to determine if any of these codes could be altered. This study includes 31 children with autism aged between 6 and 11 years old. The children were tested on tests using the analogue code (subitizing and estimation) and the symbolic code (Indo-Arab code). We wanted to know if the analog code, which is a predictor of mathematical success, was deficient compared to the symbolic code. Then, we wanted to know if the results obtained in the various tests were correlated to the intellectual quotient of the children. The first results show that overall the analog code is deficient compared to the symbolic code which seems to be preserved. In addition, a correlation between test results and IQ scores is noted.

**Keywords:** autism, number, analog code, triple code, number sense

## Introduction

Le dictionnaire Larousse (2016) définit le nombre comme « une notion qui permet de compter, de dénombrer les choses ou les êtres, de classer les objets, de mesurer les grandeurs ». Le nombre est indispensable pour l'autonomie. Il est en effet utilisé pour calculer au quotidien, se repérer dans le temps, se déplacer dans l'espace et sert dans des manipulations de la vie courante. Une mauvaise compréhension ou une mauvaise manipulation des nombres peut s'avérer un véritable handicap. Malgré une croyance répandue et des témoignages décrivant des enfants autistes capables d'extraordinaires performances en mathématiques (Baron-Cohen, 2009) on constate cliniquement que la plupart des enfants avec un trouble du spectre autistique présentent des difficultés d'acquisition et de traitement du nombre.

L'organisation des connaissances et des utilisations du nombre ne constitue pas un système unitaire mais dépendrait de traitements différents réalisés par des modules indépendants mais interreliés (Dehaene, 2010). Selon Dehaene (2010) il existerait trois codes impliqués dans les traitements numériques. Ils seraient associés à des localisations cérébrales distinctes et à des traitements particuliers. Ces trois codes sont : le code analogique, le code verbal et le code indo-arabe. Le code analogique correspond au sens du nombre. Il est indépendant « de toute notation symbolique » et permet des comparaisons de quantités et des calculs approximatifs (Fayol, 2013). Le code analogique permet une estimation approximative et de quantifier des petites quantités c'est le subitizing (Fayol, 2013). En nous appuyant sur le modèle du triple code de Dehaene, nous avons étudié l'acquisition du nombre chez l'enfant autiste en nous attachant particulièrement au code analogique. Partant de ce modèle, nous avons émis l'hypothèse que les enfants autistes pourraient développer des habiletés numériques en référence au code arabe et verbal mais que le code analogique pourrait néanmoins être déficitaire, ce qui ne leur permettrait pas d'accéder au sens du nombre. De ce fait leurs compétences mathématiques seraient affectées.

Notre étude cherche à montrer que certains enfants autistes auraient un code analogique déficitaire pour leur âge et cela malgré un code arabe préservé. Nous avons également voulu savoir si le QI pouvait moduler l'intensité des insuffisances en mathématiques. Nous nous attacherons dans un premier temps à décrire l'acquisition du nombre en rapport avec le modèle du triple code. Nous verrons ensuite les particularités de l'autisme. Enfin, nous nous interrogerons sur les particularités de l'acquisition du nombre chez les enfants avec autisme en nous référant aux différentes études menées à ce sujet.

## METHODE ET MATERIEL :

L'étude est une étude monocentrique sur une population de 31 enfants autistes. Tous ont été diagnostiqués selon les recommandations de la haute autorité de santé (HAS) et selon les critères de la CIM 10, du DSM IV ou DSM V. Cette étude porte sur 24 garçons et 7 filles ce qui fait un rapport de 3 garçons pour 1 fille ce qui correspond aux proportions rapportées dans la littérature (Philippe et al, 2017). Les enfants retenus étaient âgés entre 6 et 11 ans. Le plus jeune avait 6.4 ans le jour de la passation et le plus âgé avait 11 ans. Nous n'avons pas eu de groupes témoins car le temps imparti était trop court pour tester un groupe témoin. Nous nous sommes appuyés sur les normes validées et étalonnées des tests utilisés pour comparer notre population à une population témoin. Les enfants ont été recrutés en fonction de leur âge et des critères d'inclusion et d'exclusion. Les critères d'inclusion étaient : être âgé entre 6 et 11 ans, être diagnostiqué autiste selon les critères de l'HAS et du DSM V, être verbal, francophone, scolarisé et suivis en orthophonie. Ont été exclus les enfants avec handicaps moteurs associés, non verbaux, présentant de graves troubles du comportement pouvant entraver la passation des épreuves.

Le recrutement s'est fait au sein d'un même centre : le SESSAD Rapceal de l'hôpital mère-enfant de Limoges. La phase de recrutement s'est déroulée entre mai et août 2017 et a été réalisée par le directeur et la directrice adjointe de la structure. Les sujets ont été recrutés par contact direct, par le biais d'email, de contact téléphonique et de courrier avec la description et l'explication de l'étude. Cette invitation à participer a été envoyée à 31 parents d'enfants autistes fréquentant le centre. Tous ont répondu positivement. Aucun enfant n'a été évincé au cours de l'expérimentation.

## Procédures générales :

Les enfants ont tous été testés dans les mêmes conditions. Les épreuves ont été effectuées dans un bureau calme et neutre du centre.

En ce qui concerne les tests évaluant les différents codes :

Avant de présenter les épreuves, des essais ont été effectués afin de savoir si la discrimination des couleurs (bleu, jaune) et la notion « le plus » étaient acquises. Le pointage, qui peut être difficile pour ces enfants, a été aussi évalué avant chaque épreuve.

Le temps de passation pour les différentes épreuves évaluant les codes analogique et symbolique était de 35 minutes. L'ordre des tests a toujours été le même et a été choisi en

fonction des difficultés globales et du niveau attentionnel attendus. A la fin des épreuves un goûter était proposé aux enfants.

Les mesures ont été recueillies sur papier pour les épreuves qui étaient sur support papier. Les résultats des épreuves informatisées notamment celles de Tedi-Maths Grands et l'épreuve de Panamath ont été enregistrés et sauvegardés sur l'ordinateur. Suite à cela tous les résultats ont été conservés dans un tableur sur ordinateur.

Les épreuves évaluant le quotient intellectuel des enfants ont été administrées par les psychologues du centre. Les résultats des tests ont été restitués aux parents.

### Matériels utilisés et procédures :

#### a) Evaluations des codes analogique et symbolique

Les tests ont été choisis afin de tester le code analogique et le code symbolique. Les tests retenus sont extraits du Zareki-R (Von Aster, 2015) et du Tedi-Math petits grands (Van Nieuwenhoven, 2001 ; Noël M-P, 2015). Ces batteries d'évaluation ont été étalonnées, normées et validées. Le Zareki-R (est normé pour les enfants âgés de 6 à 11 ans. Le Tedi math petit est normé pour les enfants de la moyenne section à la classe du CE2 donc de 4 ans à 8 ans. Le Tedi math Grands est étalonné pour les enfants du CE2 à la 5<sup>ème</sup> soit de 8 ans à 12 ans. Les enfants de l'étude ont donc été évalués par des tests normés pour leur âge.

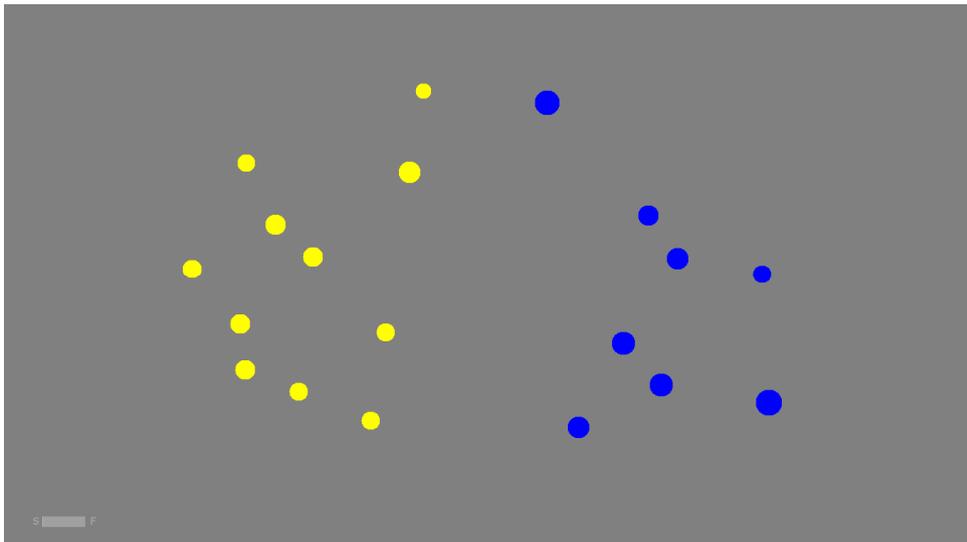
Les épreuves du Zareki-R ont été administrées à tous les enfants. Les épreuves du Tedi-math petits ont été administrées aux 11 enfants âgés de 6 à 7ans et 11 mois. Les 20 enfants âgés de 8 ans à 11 ans ont passé les épreuves du Tedi-math Grands.

### Les épreuves testant le code analogique :

- Epreuve du subitizing du Tedi-Math Grands : épreuve effectuée sur ordinateur. Une fleur apparaît quelques secondes puis des points (entre 1 et 6) apparaissent pendant 200ms et sont recouverts afin que les enfants ne puissent pas compter.
- Epreuve subitizing du Tedi-math Petits : présentation de plusieurs planches avec des points dispersés et cachés après une seconde.
- Epreuve de l'acuité numérique Tedi-Math grands : tâche de comparaison de 2 collections. Afin d'éviter des variables perceptives l'épreuve est intermodale et fait comparer une collection visuelle (pièce de puzzle) à une collection auditive. Les collections entrent dans un rapport de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8, 8/9. L'enfant doit déterminer s'il a entendu plus de bruits ou s'il a vu plus de pièces de puzzle. Cette « preuve permet de mesurer l'acuité de la représentation approximative du nombre.

- Epreuve acuité visuelle numérique Tedi-Math Petits et Zareki-R : présentation de planches avec des points dispersés. L'enfant doit montrer où il y avait le plus de points. Epreuve d'estimation Zareki-R: l'estimation est testée par une épreuve d'estimation visuelle et en contexte. Pour l'estimation en contexte une phrase est énoncée à l'enfant et il doit dire si c'est « beaucoup, normal ou peu » (ex : « quatre réfrigérateurs dans une cuisine c'est peu, normal ou beaucoup ? »)
- Epreuve de positionnement de nombres sur une échelle verticale : cette épreuve comprend 4 parties. Il y a une présentation orale, puis écrite et avec des échelles graduées puis vierges. L'enfant doit placer sur les échelles les chiffres présentés. Cette épreuve permet de comparer la transcription verbale-analogique à la transcription arabe-analogique.

Afin de compléter l'épreuve d'acuité visuelle nous avons utilisé le logiciel Panamath. Avant le début de l'épreuve on renseigne l'âge de l'enfant. L'épreuve a été réglée pour une durée de 4 minutes. Des billes jaunes apparaissent à gauche et les bleues à droite. Le logiciel donne le pourcentage de bonnes réponses et prend en compte le temps par rapport à une norme d'enfants du même âge.



*Figure 1: présentation panamath « y-a-t-il plus de billes jaunes ou bleues ? »*

### Les épreuves testant le code symbolique :

Ces épreuves présentent les nombres sous la forme du code symbolique arabe.

- Tâches de comparaison de chiffres :
- Tedi-math Grands : c'est une épreuve informatisée et qui prend en compte le temps. Il y a 48 items présentés et les paires sélectionnées sont les mêmes que celles utilisées dans le test de comparaison de collections, soit, des paires de rapport  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ ,  $7/8$ ,  $8/9$  Sur l'écran apparaissent 2 nombres en chiffres arabes, l'enfant doit

déterminer le plus rapidement possible lequel est le plus grand. Cette épreuve teste la magnitude à partir du code symbolique.

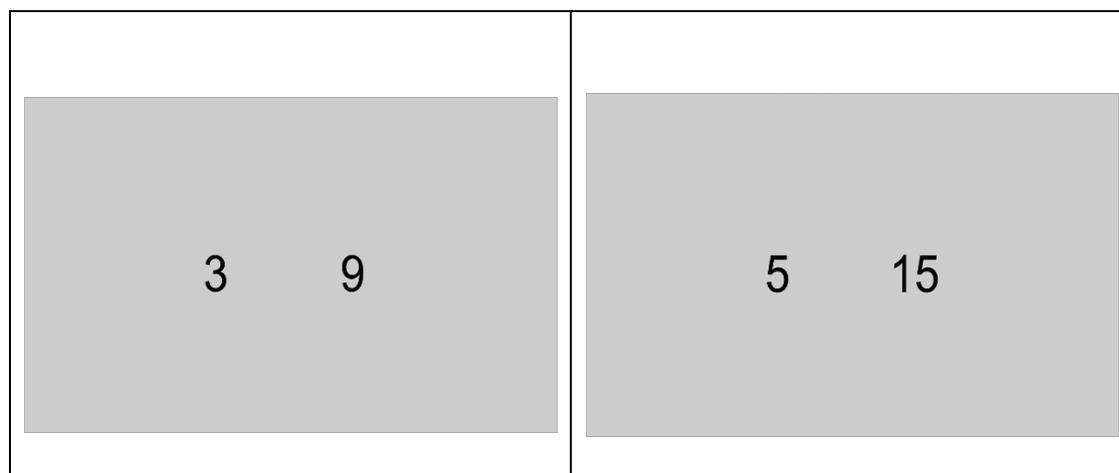


Figure 2 : exemples comparaison de nombres arabes tedi-math grands

- Tedi-math Petits : on présente des paires de deux nombres en chiffres arabes et l'enfant doit montrer lequel chiffre est le plus grand.
- Zareki-R : comparaison de deux nombres présentés par écrit : l'enfant doit entourer le plus grand.
- comparaison de deux nombres présentés oralement. L'enfant doit montrer lequel est le plus grand. On donne un repère en désignant le poing droit pour le premier nombre et le poing gauche pour le second. L'enfant peut ainsi montrer le poing qui correspond au nombre choisi sans passer par la répétition.
- Tâche de lecture de nombre :
- Zareki-R : l'enfant doit lire les nombres présentés en chiffre arabe. Il y a 10 items qui ont des nombres à 2, 3, 4 et cinq chiffres. La moitié des paires contient les mêmes chiffres mais dans des positions différentes (ex : 13-31/1007-1070/96-69/201-102).
- Tedi-math Petits : l'enfant doit lire les chiffres présentés sous le code arabe.

Il y a 3 chiffres avec une unité, 9 avec des dizaines, 8 avec des centaines (ex : 3 /8 /12/ 47/170/567).

#### b) Evaluation du niveau intellectuel

Le quotient intellectuel des enfants a été évalué par le KABC2 - Kaufman Assessment Battery for Children (Kaufmann, 2008) qui est une batterie pour l'examen psychologique de l'enfant et qui évalue le développement cognitif et intellectuel de l'enfant âgé de 30 mois à 12 ans. Il est composé de cinq échelles. Ces échelles ont été sélectionnées car considérées comme les plus importantes pour la mesure du développement cognitif de l'enfant. Elles

mesurent la complexité de la résolution de problèmes des enfants tout en laissant au second plan les compétences scolaires. Le KABC2 se compose des épreuves suivantes :

- **Echelle Séquentielle**

L'échelle Séquentielle est composée de deux subtests obligatoires : Mémoire des chiffres et Suites de mots. Ceux-ci permettent d'évaluer l'empan mnésique (nombre d'éléments que nous pouvons stocker en mémoire à court-terme) ainsi que la mémoire de travail

- Mémoire immédiate de chiffres
- Suites de mots

- **Echelle Simultanée**

L'échelle Simultanée est, elle aussi, composée de deux subtests : Planification Spatiale et Triangles. Ils permettent d'évaluer l'analyse et les relations spatiales, le raisonnement séquentiel général ainsi que les connaissances mathématiques.

- Planification spatiale
- Triangles

- **Echelle Apprentissage**

L'échelle Apprentissage permet d'évaluer la mémoire associative à travers deux subtests.

- Mémoire associative
- Apprentissage de codes

- **Echelle Planification**

L'échelle planification évalue l'induction, la visualisation, le raisonnement séquentiel général et les informations générales par le biais de deux subtests :

- Séquences logiques
- Histoires à compléter

- **Echelle Connaissances**

Composée de deux subtests, elle permet d'évaluer les connaissances lexicales, le raisonnement et les informations générales ainsi que le développement du langage.

- Devinettes
- Connaissances culturelles

## RESULTATS :

Les variables retenues pour être étudiées ont été les épreuves sur le code analogique et le code symbolique. Nous avons ajouté la variable quotient intellectuel afin de savoir si elle était corrélée aux différentes épreuves.

Notre première question était de savoir si le code analogique était déficitaire par rapport au code symbolique. La seconde était d'identifier si une corrélation existait entre ces différents codes et les résultats du quotient intellectuel.

## MESURES :

La formule utilisée pour le calcul des corrélations est le test de coefficient de Pearson. Ce test étudie l'intensité de la liaison qui peut exister entre deux ou plusieurs variables. Le coefficient de corrélation de Pearson utilisé dans cette étude est noté  $r$  et défini par :

$$r = \frac{COV(x,y)}{S_x S_y}$$

ou  $x$  représente la première variable par exemple une épreuve de l'un des deux codes et  $y$  la deuxième variable par exemple le QI ;  $S_x$  et  $S_y$  représentent les écarts-types respectifs des deux variables  $x$  et  $y$ .

Interprétation du coefficient de corrélation : pour être interprété, le coefficient de corrélation doit être significatif. La liaison est significative lorsque le coefficient  $r$  est supérieur ou égal à 0,5 dans le cadre général, c'est-à-dire pour un échantillon  $n$  supérieur à 30. Pour de faibles échantillons comme dans cette étude, la lecture du coefficient de corrélation est faite en tenant compte de la  $p$ -value associé au test de Pearson. La  $p$ -value est significative lorsqu'elle est inférieure ou égale au seuil classique de 5% ou 0,05.

- **Résultats pour la première hypothèse à savoir si le code analogique est plus déficitaire que le code symbolique.**

### Résultats des épreuves par rapport à la norme des enfants tout-venant

Les résultats obtenus pour les enfants âgés de 6 à 7.11 ans ne montrent pas de différences notables entre les deux codes. On remarque un fort pourcentage d'échec pour toutes les épreuves. Les résultats sont bien en dessous de la norme des enfants tout-venant. Par exemple on souligne que 100% des enfants échouent à l'épreuve d'estimation visuelle et que 90% de ces mêmes enfants sont déficitaires à l'échelle numérique.

L'estimation en contexte est très légèrement mieux préservée mais 6 enfants sur les 11 échouent. Il en est de même pour la grandeur relative puisque 8 enfants sur les 11 sont sous le seuil de la norme. Cependant, le subitizing et l'estimation des grandes quantités semblent préservés.

Pour les épreuves du code symbolique, les résultats sont tout aussi altérés. Ainsi, 90 % des enfants échouent aux épreuves de lecture (Zareki et Tedi-Math) et de comparaison des chiffres arabes présentés à l'écrit. Pour les autres épreuves de ce code, 81,8% des enfants sont sous le seuil aux épreuves du code verbal, 72,8 % pour la comparaison des chiffres présentés oralement et 63,6 % sur la comparaison des chiffres arabes du Tedi-Math.

Pour le groupe des enfants de 8 à 10.11 ans, les résultats sont plus significatifs.

Comme pour les petits, les épreuves de subitizing, la comparaison des grandes quantités (Panamath) et la comparaison de collections (Tedi-Math) semblent relativement préservées puisque seulement 25%, 5% et 20% échouent à ces épreuves. Il est cependant à souligner, que lorsque le temps est pris en considération il y a 70% des enfants qui sont en dessous du seuil pour l'épreuve de Panamath.

Pour ce groupe d'enfants, les épreuves d'estimation visuelle et en contexte restent les moins réussies car 50% des enfants sont au seuil pathologique. L'épreuve d'échelle numérique est aussi peu réussie car 45 % des enfants sont sous la norme des enfants tout-venant.

En revanche, les épreuves du code symbolique sont mieux réussies notamment pour les épreuves de comparaison. La comparaison orale et la comparaison de chiffres arabes (Tedi-math) seulement 10% sont déficitaires et 20% pour l'épreuve de comparaison de chiffres arabes (Zareki-R). On peut noter cette différence sur ces 2 épreuves car dans le Zareki les chiffres présentés sont plus complexes que ceux du Tedi-Math car des centaines et millièmes sont présentés. Pour la lecture de chiffres arabes, on note 30% d'échec à cette épreuve peut-être dû à la présence de chiffres avec centaines et milliers. Pareillement que pour l'épreuve de Panamath, 100% des enfants sont au seuil pathologique à l'épreuve de comparaison de Tedi-Math lorsque le temps est pris en compte.

La vitesse de traitement semble être un déficit notable pour les enfants.

#### Moyenne des épreuves du code analogique :

Pour les épreuves de subitizing, notamment pour le test du Tedi-math grands les résultats montrent que 7 enfants parmi les 20 étaient en-dessous de la moyenne soit 35%.

Pour les petits, les résultats sont assez proches puisqu'à cette épreuve 27,27% des enfants de cette tranche d'âge échouent à cette épreuve.

Pour les épreuves de comparaison de collections : pour le groupe des petits 50% des enfants échouent à cette épreuve. Pour le groupe des grands, 27,3% sont en-dessous de la moyenne.

#### Pour les épreuves d'estimation

- Visuelle : pour le groupe des petits 27,3 % des enfants étaient en-dessous de la moyenne et 50% dans le groupe des grands.
- En contexte : 54,5% chez les petits et 50% chez les grands étaient en-dessous de la moyenne
- Echelle numérique : 72,8 % des petits et 35 % des grands étaient en-dessous de la moyenne.

#### Moyenne des épreuves du code symbolique

Pour les épreuves de lecture : 6 enfants sur 11 soit 54,5% chez les petits et 35 % des grands soit 7 enfants parmi les 20 étaient en-dessous de la moyenne.

Pour les épreuves de comparaison forme Zareki-R :

- Forme orale : 41,7 % des petits et 45% des grands étaient en-dessous de la moyenne
- Forme écrite : 27,3 % des petits soit 3 enfants sur 11 et 35 % chez les grands étaient en-dessous de la moyenne

Pour les épreuves de comparaison Tedi-math :

- Petit : 36,4 % étaient en-dessous
- Grand : 15 % seulement étaient en-dessous de la moyenne.

#### Conclusion :

Au vu de ces résultats on ne peut pas affirmer qu'un code est plus préservé qu'un autre pour les enfants entre 6 et 7.11 ans. En effet leurs résultats sont aussi déficitaires dans les deux codes.

Cependant, les enfants de 8 à 10.11 ans ont des résultats plus significatifs et on peut noter que le code analogique est plus déficitaire par rapport au code symbolique. Par rapport à la norme des enfants tout-venant, ils sont plus déficitaires sur le code analogique que sur le code symbolique qui est davantage préservé.

- **Résultats pour la seconde hypothèse : les résultats de ces différents tests sont-ils corrélés aux résultats obtenus au KABC2 ?**

#### Code analogique et QI :

Pour les épreuves du subitizing du Tedi-math: les résultats du groupe des petits comme celui des grands ne révèlent pas de corrélation, respectivement 0,29 (p 37%) et -0,35 (p 14%).

Pour les épreuves d'estimation en contexte, les résultats des deux groupes ne sont pas significatifs, respectivement -0,04 (p-value 0,89) pour les petits la p-value est de 7%, légèrement au-delà du seuil des 5%.

Pour les autres tests évaluant le code analogique, les résultats diffèrent selon les groupes d'âges. Les résultats des petits ne montrent aucune corrélation significative. Dans le groupe des grands, une corrélation apparaît pour le test d'estimation visuelle  $r = 0,47$  (p-value de 0,03). Pour les épreuves d'échelle numérique et de comparaisons de collections, les corrélations sont significatives, respectivement 0,48 et 0,47 (p-value de 0,03).

#### Code symbolique et QI :

Pour les petits, aucune corrélation n'est relevée, sauf pour la comparaison sous forme orale :  $r = 0,60$  (p-value 0,04). Tous les autres résultats sont au-dessus du seuil des 5%.

Pour les grands, les résultats correspondent à de bonnes corrélations aux différents tests.

Pour la lecture du Zareki et les résultats du QI,  $r = 0,54$  (p-value de 0,01).

Pour la comparaison de nombres sous forme orale du Zareki,  $r = 0,44$  (p-value de 0,05).

Pour le Tedi-math,  $r = 0,62$  (p-value de 0,03).

Seule la comparaison de nombres écrits n'est pas significativement corrélée :  $r = 0,36$  (p-value 10%).

#### Conclusion :

Les résultats des petits diffèrent de ceux des grands. Chez les petits, aucune corrélation significative n'est relevée ; chez les grands, une bonne corrélation existe entre les différents codes et le QI, particulièrement avec les épreuves de comparaison de chiffres arabes (Tedi-math) et de lecture de chiffres arabes (Zareki). Il faut souligner que l'épreuve de comparaison de chiffres arabes du Zareki n'est pas corrélée avec le quotient intellectuel alors que celle de

Tedi-math l'est. La comparaison est délicate car les nombres du Tedi-math ne comportent que des unités et des dizaines alors que ceux du Zareki incluent des centaines et des milles.

Tableau 1 : Significativité des corrélations entre QI et différentes épreuves

Groupe des petits (6- 7.11 ans)	Groupe des grands (8-11 ans)
Code analogique	Code analogique
<u>Subitizing</u> = pas de corrélation (0,29 p-value 37%)	<u>Subitizing</u> = pas de corrélation (-0,35 p-value 14%)
<u>Visuelle</u> = très faible corrélation (0,01 p-value 97%)	<u>Visuelle</u> = très faible corrélation (0,47 p-value 3%)
<u>Contexte</u> = pas de corrélation (-0,04 p-value 89%)	<u>Contexte</u> = pas de corrélation (0,40 p-value 7%)
<u>Numérique</u> = pas de corrélation (0,16 p-value 62%)	<u>Echelle Num.</u> = faible corrélation (0,48 p-value 3%)
<u>Tedi-math comparaison collections</u> = pas de corrélation (0,40 p-value 21%)	<u>Tedi-math comparaison collections</u> = faible corrélation (0,47 p-value de 3%)
Code symbolique	Code symbolique
<u>Lecture</u> : pas de corrélation (0,25 p-value 44%)	<u>Lecture</u> : très bonne corrélation (0,54 p-value 1%)
<u>Forme orale</u> : corrélation (0,60 p-value 4%)	<u>Forme orale</u> : bonne corrélation (0,44 p-value 5%)
<u>Forme écrite</u> : pas de corrélation (0,24 p-value 47%)	<u>Forme écrite</u> : pas de corrélation (0,36 p-value 10%)
<u>Comparaison Tedi-math</u> : pas de corrélation (0,13 p-value 57%)	<u>Comparaison Tedi-math</u> : très bonne corrélation (0,62 p-value 0,3%)

## DISCUSSION:

Notre objectif était double. Nous voulions savoir si le code analogique, considéré comme prédictif des réussites mathématiques (Libertus et coll., 2011; Libertus et coll.,2013), est altéré chez les enfants autistes, ce qui pourrait expliquer leurs difficultés aux épreuves numériques. Nous cherchions aussi à savoir si les résultats obtenus étaient corrélés avec leurs capacités intellectuelles.

### Code analogique et code symbolique :

La représentation analogique est définie comme « indépendante de toute notation symbolique, elle permet des calculs approximatifs et des comparaisons de quantités » (Fayol, 2013). C'est ce code qui serait à la base de la sémantique du nombre. Le subitizing est une capacité qui permet de donner avec précision et rapidité le nombre d'une petite collection sans recours au comptage (Dehaene, 2010). L'estimation est une comparaison rapide et approximative de deux collections ou grandeurs. Dans notre étude, le code analogique a été évalué par plusieurs épreuves faisant appel au subitizing et à l'estimation.

Pour les résultats au sein d'un même groupe d'âge le code analogique est plus déficitaire que le code symbolique qui semble mieux préservé notamment pour les enfants entre 8 et 10 ans.

Par rapport aux enfants tout-venant les enfants testés sont en dessous des normes attendues et particulièrement dans les épreuves du code analogique.

Comme dans les études précédentes (Hiniker et coll.,2016; Turi et coll., 2015), les enfants ont de moins bonnes capacités que les enfants tout-venant notamment en subitizing. Comme dans l'étude d'O'Hearn (2016), la plupart des enfants recouraient au comptage pour les épreuves du subitizing. Ils se souvenaient de la disposition des points et les comptaient, ils n'avaient pas une représentation globale comme la définit Dehaene (2010).

Pour les épreuves d'estimation, nos résultats sont similaires à ceux d'Aagten (2015). Nos enfants ne sont pas moins performants dans les comparaisons de points dispersés (Panamath) et de collections (visuelles et auditives). Cependant, les épreuves d'estimation visuelle en contexte et sur une échelle numérique sont échouées. Elles sont déficitaires au sein d'un même groupe et par rapport à la norme or Sasanguie (2013) a mis en évidence une corrélation entre les réussites en mathématiques et le traitement symbolique sur une échelle visuelle.

Nos résultats sont proches de ceux des études antérieures. Les enfants autistes semblent avoir un subitizing plus faible que les enfants tout-venant et sont surtout plus déficitaires aux épreuves d'estimation. Ils paraissent avoir un sens du nombre au moins partiellement

déficitaire. Lorsque le temps est pris en compte, ces enfants sont au seuil pathologique. Les résultats sont donc à relativiser. L'étude de Meaux (Meaux et coll., 2014) montre que les autistes sous-estiment le sens du nombre et qu'un lien existe avec plusieurs processus des zones cérébrales notamment le cortex frontal. Il est mis en évidence par IRM que les TSA ont des réponses tardives et déficitaires et que les zones cérébrales recrutées sont différentes de celles de la population témoin. Les auteurs émettent l'hypothèse d'une connectivité fonctionnelle réduite et un traitement visuo-spatial altéré. Cela est aussi repris par Iuculano et coll.(2014). Or, dans certaines études longitudinales avec une population d'enfants tout-venant il a été montré que l'attention visuelle était un prédicteur des réussites en mathématiques (Anobile et coll. 2013; Clark et coll., 2013).

Nos résultats, particulièrement pour les enfants âgés de 6 à 7.11 ans sont à prendre avec prudence car les tests proposés pour les épreuves du code analogique avaient peu d'items et étaient donc peu sensibles pour notre population.

Le code symbolique a été testé avec des épreuves comparant deux nombres arabes et une épreuve de lecture de nombres. Nos résultats mettent en évidence un code symbolique préservé. Les enfants sont dans la moyenne des tout-venant. Seuls 2 enfants parmi les 8 à 11 ans se trouvent au le seuil pathologique. Ils sont plus nombreux parmi les 6 et 7.11 ans : 9 sur 11 ont des scores pathologiques à ces épreuves.

On peut considérer que l'âge est important pour l'acquisition du code symbolique et que les enfants avec autisme sont plus en retard que les enfants tout-venant. Cela serait dû à un retard des acquisitions puisque l'écart se réduit et tend à disparaître avec l'âge.

#### Les codes sont-ils corrélés avec le QI :

Notre seconde question portait sur les éventuelles corrélations entre ces différents résultats et les capacités intellectuelles des enfants. A notre connaissance peu d'études ont examiné cette question. Nous n'avons trouvé qu'une étude (Jones et coll., 2009). Les auteurs y étudient les relations entre les capacités mathématiques et les capacités intellectuelles. Les résultats montrent que les enfants avec un QI moyen ont des compétences arithmétiques préservées et que ces résultats sont corrélés aux capacités verbales. Lorsque la résolution de problèmes demande un traitement verbal, les capacités mathématiques baissent pour les enfants ayant un niveau verbal inférieur.

Dans notre étude nous avons pu établir une corrélation significative entre les épreuves des deux codes et les capacités intellectuelles. Cependant, cette corrélation n'était pas reproduite

pour les enfants entre 6 et 7.11 ans. De plus, l'épreuve du subitizing ne semble pas corrélée aux résultats du QI. Cela renforce l'idée que le subitizing est un processus de bas niveau qui est présent dès le plus jeune âge (Dehaene, 2010 p.70) et pourrait être indépendant de tout apprentissage (Fayol, 2013).

À plusieurs reprises l'âge apparaît important pour l'acquisition des compétences numériques. On note un gain de performances pour les enfants âgés de plus de 8 ans à certaines épreuves, notamment l'estimation et la comparaison de nombres. Cela peut être mis en relation avec les fonctions exécutives qui sont importantes pour les apprentissages numériques. Selon plusieurs études (Bretière et coll., 2018; Chevalier, 2010) les fonctions exécutives se développent de manière « très précoce et prolongé ». (Er-Rafiqi et coll., 2017). Dans notre étude, nos enfants obtiennent de meilleures performances à partir de 8 ans. Les fonctions exécutives sont définies comme « l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts » (Chevalier,2010). Les principales concernent l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive (Chevalier,2010). Chevalier explique que la mémoire de travail progresse par période à savoir de 3 à 5 ans puis de 5 à 11 ans et à l'âge adulte. Le développement des fonctions exécutives semble intrinsèquement lié à la maturation du cortex préfrontal (Er-Rafiqi et coll., 2017; Chevalier, 2010). Or, cette maturation s'achève vers la fin de l'adolescence. Il semble que cela soit particulièrement important chez les enfants autistes. En effet, les aires préfrontales et temporales seraient plus affectées dans cette population (Bretière et coll., 2018). La maturité de leur cortex serait plus tardive et plus affectée (Bretière et coll., 2018). Craig et coll. (2016), montrent que les enfants avec autisme ont des déficits exécutifs notamment dans la planification, la flexibilité et la mémoire de travail visuelle et visuo-spatiale. Or, la mémoire de travail, comme la mémoire à court terme et l'inhibition, est une fonction exécutive essentielle et est considérée comme médiatrice des réussites mathématiques et de l'acuité numérique (Craig et coll., 2016 ; Fayol, 2013 ; Dehaene, 2010). Dans des études récentes, le contrôle exécutif est corrélé aux réussites mathématiques (Bull et Lee, 2014 ; Clark et coll., 2013). Des études longitudinales portant sur une cohorte d'enfants tout-venant préscolaires, ont mis en évidence que le contrôle exécutif était lié aux capacités mathématiques futures. Il en ressort que la fonction de mise à jour est un prédicteur sensible pour les compétences numériques futures, et notamment pour la représentation de la magnitude (Bull & Lee, 2014; Clark et coll., 2013). Une étude récente (Craig et coll., 2016) a montré que les enfants autistes ne diffèrent pas des enfants hyperactifs pour les tâches d'attention divisée mais manifestent une grande différence avec

les tâches de flexibilité, d'inhibition et de planification. De plus, l'auteur notait une lenteur et des persévérations dans les réponses. Nous avons aussi relevé dans notre étude une grande lenteur dans le traitement des épreuves.

Il aurait été intéressant de compléter notre étude par des épreuves faisant appel à la mémoire de travail, à différentes fonctions exécutives et surtout une épreuve de vitesse de traitement.

### CONCLUSION :

Notre étude a permis de mettre en évidence que le code symbolique est mieux préservé que le code analogique particulièrement sur le groupe des enfants de 8 à 10.11 ans. De plus, nous avons relevé une bonne corrélation entre les performances aux différents codes et aux capacités intellectuelles. Cependant, cette corrélation n'apparaît qu'à partir de 8 ans. Cela pourrait tenir à ce que certaines épreuves, notamment celles proposées aux enfants de 6 à 7.11 ans, manquaient de sensibilité et d'items cibles. Il aurait également été préférable de centrer notre recherche avec des épreuves élaborées spécifiquement pour cette recherche afin de solliciter certaines fonctions exécutives et d'obtenir des résultats plus sensibles. Dans ce contexte, les résultats devront être reproduits avec une population témoin.

Au vu de nos résultats et de la confrontation avec des études antérieures, nous pouvons affirmer que les résultats obtenus aux différentes épreuves dépendent beaucoup de l'âge des enfants.

## Bibliographie

- Aagten-Murphy, D., Attucci, C., Daniel, N., Klaric, E., Burr, D., Pellicano, E. (2015). Numerical Estimation in Children With Autism: Numerical estimation in children with autism. *Autism Research*, 8(6), 668-681. <https://doi.org/10.1002/aur.1482>
- Anobile, G., Stievano, P., Burr, D. C. (2013). Visual sustained attention and numerosity sensitivity correlate with math achievement in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(2), 380-391. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.06.006>
- Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Ashwin, C., Tavassoli, T., Chakrabarti, B. (2009). Talent in autism: hyper-systemizing, hyper-attention to detail and sensory hypersensitivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1377-1383. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0337>
- Bretière, M., Gillet, P., Bizet, E. (2018). *Neuropsychologie et remédiations des troubles du spectre de l'autisme: enfants d'âge scolaire, adolescents et adultes*. De Boeck Supérieur.
- Bull Rebecca, Lee Kerry. (2014). Executive Functioning and Mathematics Achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41. <https://doi.org/10.1111/cdep.12059>
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant: Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, 51(3), 149-163. <https://doi.org/10.1037/a0020031>
- Clark, C. A. C., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., Espy, K. A. (2013). Longitudinal Associations between Executive Control and Developing Mathematical Competence in Preschool Boys and Girls. *Child development*, 84(2), 662-677. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01854.x>
- Craig, F., Margari, F., Legrottaglie, A. R., Palumbi, R., de Giambattista, C., Margari, L. (2016). A review of executive function deficits in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 12, 1191-1202. <https://doi.org/10.2147/NDT.S104620>
- Dehaene, S. (2010). *La bosse des maths: quinze ans après* (Nouv. édition revue et augmentée). Paris: O. Jacob.
- Er-Rafiqi, M., Roukoz, C., Gall, D. L., Roy, A. (2017). Les fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Revue de neuropsychologie*, 9(1), 27-34. <https://doi.org/10.1684/nrp.2017.0405>
- Fayol, M. (2013). *L'acquisition du nombre*. Paris: Presses universitaires de France.
- Hiniker, A., Rosenberg-Lee, M., Menon, V. (2016). Distinctive Role of Symbolic Number

Sense in Mediating the Mathematical Abilities of Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(4), 1268-1281. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2666-4>

Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Supekar, K., Lynch, C. J., Khouzam, A., Phillips, J., Menon, V. (2014). Brain Organization Underlying Superior Mathematical Abilities in Children with Autism. *Biological Psychiatry*, 75(3), 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.06.018>

Jones, C. R. G., Happé, F., Golden, H., Marsden, A. J. S., Tregay, J., Simonoff, E., Charman, T. (2009). Reading and arithmetic in adolescents with autism spectrum disorders: Peaks and dips in attainment. *Neuropsychology*, 23(6), 718-728. <https://doi.org/10.1037/a0016360>

Kaufmann, A.-S., & Kaufmann, N.-L. (2008). *KABC2 - Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant deuxième édition*. Pearson.

Libertus, M. E., Feigenson, L., Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability: Approximate number system and math abilities. *Developmental Science*, 14(6), 1292-1300. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01080.x>

Libertus, M. E., Feigenson, L., Halberda, J. (2013). Numerical approximation abilities correlate with and predict informal but not formal mathematics abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(4), 829-838. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.08.003>

Meaux, E., Taylor, M. J., Pang, E. W., Vara, A. S., Batty, M. (2014). Neural substrates of numerosity estimation in autism: Neural Substrates of Numerosity Estimation in Autism. *Human Brain Mapping*, 35(9), 4362-4385. <https://doi.org/10.1002/hbm.22480>

Noël M-P, Grégoire J. (2015). *Tedi-Math Grands Test diagnostique des compétences de base en mathématiques pour les enfants du CE2 à la 5ème*. (ECPA). Pearson.

O'Hearn, K., Velanova, K., Lynn, A., Wright, C., Hallquist, M., Minshew, N., Luna, B. (2016). Abnormalities in brain systems supporting individuation and enumeration in autism: Individuation and Enumeration in Autism. *Autism Research*, 9(1), 82-96. <https://doi.org/10.1002/aur.1498>

Sasanguie, D., Göbel, S. M., Moll, K., Smets, K., Reynvoet, B. (2013). Approximate number sense, symbolic number processing, or number-space mappings: what underlies mathematics achievement? *Journal of Experimental Child Psychology*, 114(3), 418-431. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.10.012>

Turi, M., Burr, D. C., Iglizzi, R., Aagten-Murphy, D., Muratori, F., Pellicano, E. (2015). Children with autism spectrum disorder show reduced adaptation to number. *Proceedings of*

*the National Academy of Sciences*, 112(25), 7868-7872.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1504099112>

Van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J., Noël, M. (2001). *Tedi-math Petits Test diagnostique des compétences de base en mathématiques* (ECPA). Pearson.

von Aster, M., Dellatolas, G. (2005). *Zareki-R Betterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant*. Pearson.

## ANNEXES

Annexe A : tableau des résultats des enfants de 6 à 7.11 ans par rapport aux normes des tests et tableau des pourcentages des enfants ayant échoué aux épreuves proposées.

Annexe B : tableau des résultats des tests pour les enfants de 8 à 9.11 ans par rapport aux normes des tests.

Annexe C : tableau des pourcentages des enfants ayant échoué aux épreuves proposées.

Annexe D : Tableaux de corrélation entre les différentes épreuves et le QI pour les enfants de 6 à 7.11 ans.

Annexe E : Tableaux de corrélation entre les différentes épreuves et le QI pour les enfants de 8 à 10.11 ans.

**Annexe A :**

**Tableau 2: Résultats des enfants de 6 à 7.11 ans par rapport aux normes des tests**

N°		Code analogique						QI TOT AL	Code symbolique							
		subitizing	Estimation visuelle	Estimation contexte	Ech. numé	Grandeur relative	panamath	temps		Lecture zareki	Lecture tedi	orales	écrite	Comparaison Chiffres arabes	Code verbal	
		Enfants 6 à 6.11 ans														
A29	M		-0.89	-0.38	-0.94	-2	patho	Hors tps	41	-1.9	-1.9	-3.41	0.19	-1.8	-1.8	
A31	M		-0.89	-0.38	-1.08	M	M	Hors tps	111	0.48	+3	0.72	-4.8	1	-0.6	
		Enfants de 7 à 7.11 ans														
A24	M		-2.1	-0.75	-2.23	-1.7	M	Hors tps	80	-1.9	-1.7	0.93	-1.82	M	-1.7	
A25	-2		-2.1	-2	-2.65	-2.3	patho	Hors tps	75	-1.9	-1.7	-1.5	-4.5	-1.7	-3	
A26	M		-2.1	-1.17	-1.92	M	patho	OK	99	-2.5	-2	-1.4	-2.7	-1.7	-1.3	
A27	M		-3.11	0.92	-0.56	-1.2	M	OK	111	-1.9	-1.5	-1.18	-2.7	-1.7	-1.3	
A28	M		-2.1	0.92	M	M	M	Hors tps	68	-2.5	-2.5	-1.18	-0.91	M	M	
A21	M		-3.1	0.08	-1.29	-2	M	Hors tps	77	-0.35	-2	-1.18	-2.73	-2	-1.8	
A22	M		-1.1	0.08	-2.23	-1	M	Hors tps	92	-2.24	-1.3	M	-2.73	M	M	
A23	-2		-3.1	0.92	-2.13	-2	patho	Hors tps	54	-2.51	-1.8	-2.39	-4.55	-0.7	-0.7	
A24	M		-2.9	-0.93	-3.61	-2	M	Hors tps	85	-5.1	-3	-3.09	-2.91	-1.8	-2	

**Tableau 3: pourcentages des enfants ayant échoué aux épreuves proposées**

N°	Code analogique							Code symbolique					
	subitizing	Estimation visuelle	Estimation contexte	Ech. numé	Grand. relative	Pana-math	temps	Lecture zareki	Lecture tedi	oral	écrit	Comparaison Chiffres arabes	Code verbal
	2 pathos	11 pathos	6 pathos	10 pathos	8 pathos	4 pathos	9 pathos	10 pathos dont 1 très faible	10 pathos	8 pathos	10 pathos	7 pathos	9 pathos
<b>TOTAL sur 11</b>	<b>18 %</b>	<b>100 %</b>	<b>54 %</b>	<b>90 %</b>	<b>72.8 %</b>	<b>36.4 %</b>	<b>81.8 %</b>	<b>90 %</b>	<b>90 %</b>	<b>72.8 %</b>	<b>90 %</b>	<b>63.6 %</b>	<b>81.8 %</b>

**Annexe B :**

**Tableau 4: Résultats des tests pour les enfants de 8 à 10.11 ans par rapport aux normes des tests**

N°	Code analogique							QI Total	Code symbolique				
	subitizing	Estimation visuelles	Estimation contexte	Echelle Numé.	Comparaison collections	Pana- math	temps		lecture	Comparaison orale	Comparaison écrite	Comparaison Chiffres arabes	Temps
Enfants 8 à 8.11 ans													
A03	M	M	M	M	M	M	Hors tps	111	M	+1.45	M	M	-3.3
A11	patho	-1.1	-0.75	M	M	M+	Hors tps	109	M	M	-0.91	M	-1.97
A13	M	-0.67	0.45	0.42	M-	Q3	Q 3	96	-0.5	M	0.73	M	-1.48
A14	patho	M	-0.59	-2.08	M-	M+	Hors tps	85	-0.86	M	0.73	M	-4.29
A16	patho	-0.67	-1	-0.42	M-	M	M-	112	-1.21	M	0.73	M	-4.54
Enfants de 9 à 9.11 ans													
A02	M	1.56	M	0.83	M+	M	Hors tps	105	M	M	M	M	-6.5
A01	M	M	M	-0.15	M	M	Hors tps	106	M	+1.17	M	M	-3.88
A04	M	-3	-0.96	-2.46	-2	patho	patho	60	-5.25	-1.87	-5.14	-2	-4.35
A05	M	1	-1.32	0.71	M+	M+	Hors tps	71	M+	M	M	M	-2.05
A06	M-	1	-1.68	-0.39	M-	M	Hors tps	104	M	M	M	M	-6
A08	M-	-2	0.83	-1.24	M-	M	M	97	M	+1.17	M	M	-4.08
A12	M-	-2	-0.96	-4.1	-2	M	Hors tps	74	-6.8	M	M	-2	-6.45
A17	M+	M	1.32	1.32	M	M	Hors tps	120	M	+1.17	M	M+	-1.39
A18	M+	+1	M	M	M	M	Hors tps	103	M	+1.17	+1.18	M+	-0.5
Enfants de 10 à 10.11 ans													
A19	M+	1	-2	-1.38	M	M	M	97	M	-3.23	-2.25	M+	-6.66
A07	patho	-1	+0.92	0.84	patho	M	Hors tps	97	-1.33	M	M	M++	-7.12
A15	M+	-1	-2	0.11	M+	M	M	90	M	M	M	M+	-3.24
A09	M	M	M	0.71	M+	M	M	127	M	M+	M	M+	-3.03
A10	patho	-3	-1.17	-0.27	patho	M	Hors tps	67	M	M	-2.25	M	-14.16
A30	M	-3	0.08	1.59	M	M	M	87	M	M	M	M	-4.1

**Annexe C :**

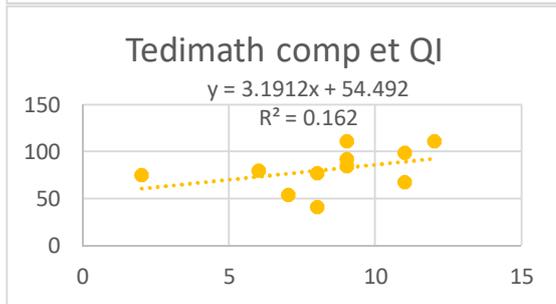
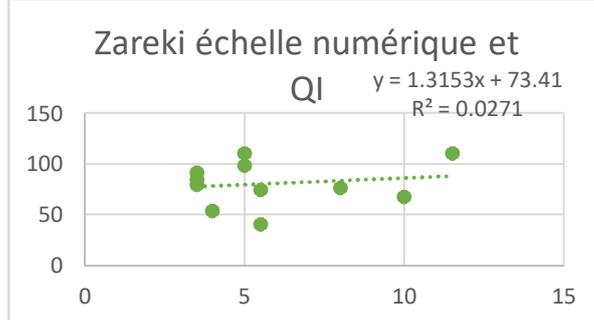
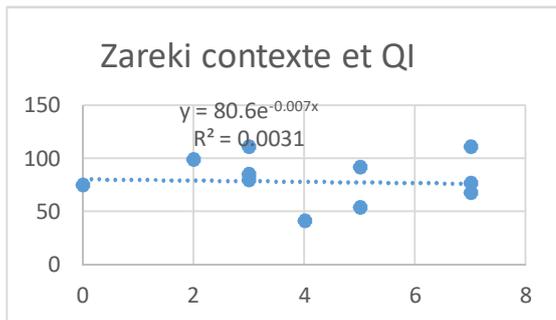
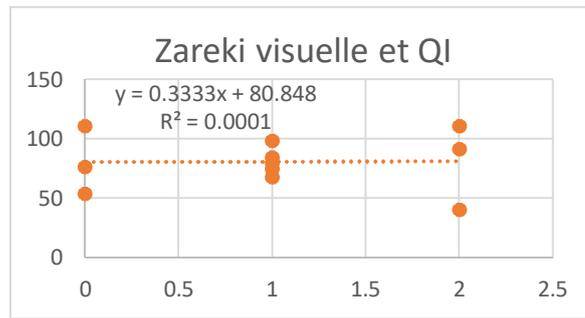
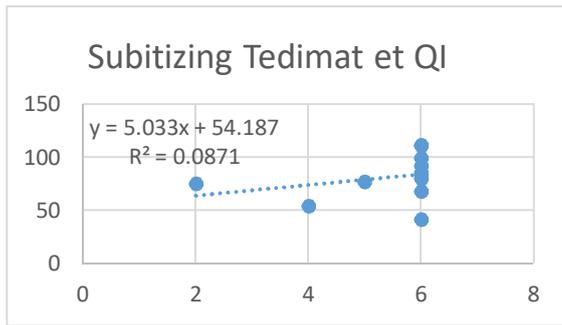
**Tableau 5: Pourcentages des enfants ayant échoué aux épreuves proposées**

N°	<u>Code analogique</u>							<u>Code symbolique</u>				
	subitizing	Estimation visuelles	Estimation contexte	Echelle Numé.	Comparaison collections	Pana-math	temps	lecture	Comparaison orale	Comparaison écrite	Comparaison Chiffres arabes	Temps
8 à 8.11	3 pathos 60%	3 pathos 60%	3 pathos 60%	2 pathos 40%	0	0	4 H.Tps 80%	3 pathos 60%	0	1 patho 20 %	0	100%
9 à 9.11	0	3 pathos 33.33%	4 pathos 44.44%	5 pathos 55.55%	2 pathos 22.22%	1 patho 11.11%	8 H.Tps 88.88 %	2 pathos 22.22%	1 patho 11.11%	1 patho 11.11%	2 pathos 22.22 %	100%
10 à 10.11	2 pathos 33.33%	4 pathos 66.66%	3 pathos 50%	2 pathos 33.33%	2 pathos 33.33%	0	2 H.Tps 33.33%	1 patho 16.6%	1 patho 16.6%	2 pathos 33.33%	0	100 %
<b>TOTAL Sur 20</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>45 %</b>	<b>20%</b>	<b>5%</b>	<b>70%</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>10%</b>	<b>100%</b>

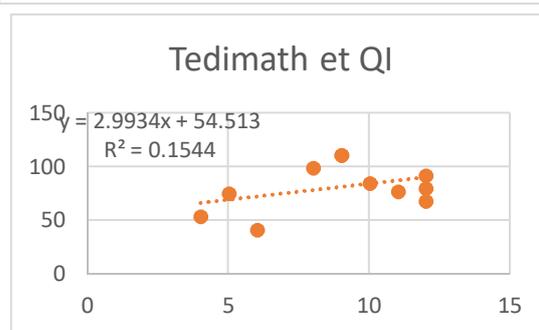
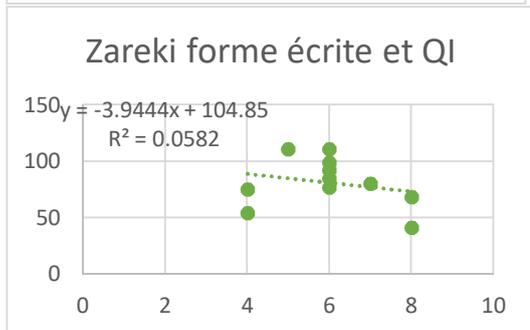
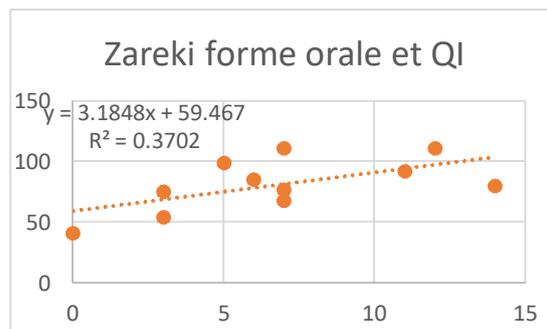
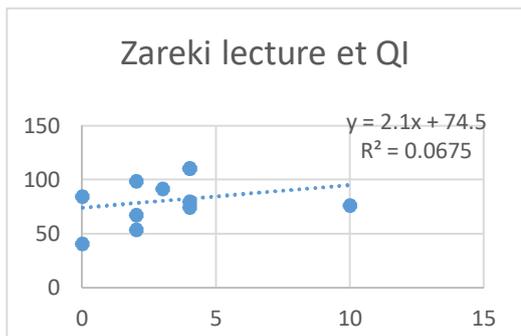
## Annexe D : Corrélation entre les différentes épreuves et le QI

### Résultats pour les enfants de 6 à 7.11 ans

#### Code analogique et QI

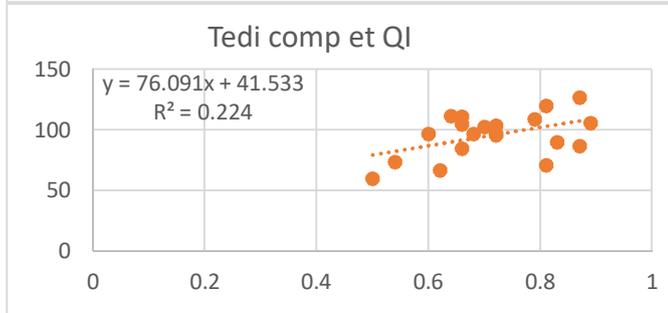
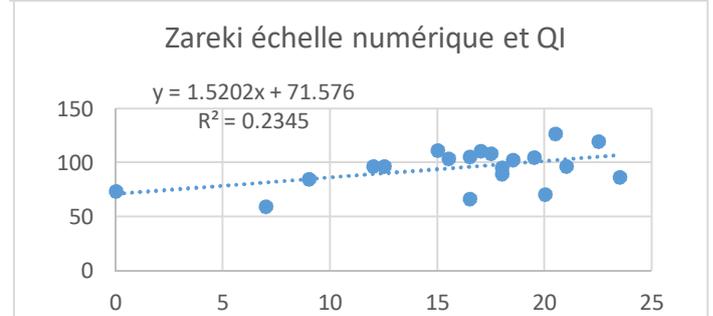
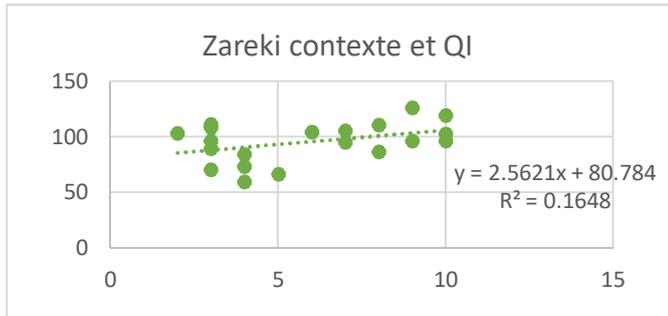
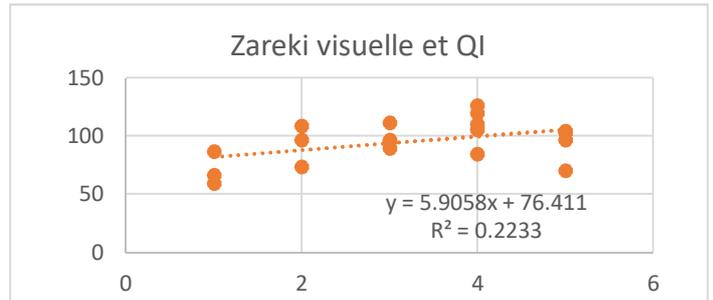
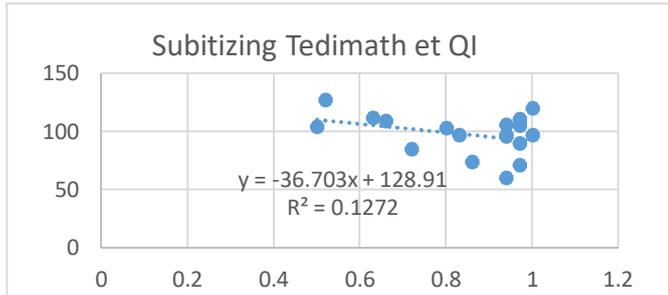


#### Code symbolique et QI



## Annexe E : Résultats pour les enfants de 8 à 10.11 ans

### Code analogique et QI :



### Code symbolique et QI

